

Aus dem Bereich Humanmedizin der
Justus Liebig-Universität
Giessen
Zentrum für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. R. Kepp

Die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung in der Therapie des Kollumkarzinoms

Habilitationsschrift

vorgelegt

von

Dr. med. Helmut Vahrson

Giessen

1973

Aus dem Bereich Humanmedizin der
Justus Liebig-Universität
Giessen
Zentrum für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. R. Kepp

Die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung in der Therapie des Kollumkarzinoms



Habilitationsschrift
vorgelegt
von
Dr. med. Helmut Vahrson
Giessen

1973

Aus dem Bereich: Humanmedizin der
Justus Liebig-Universität
Gießen
Zentrum für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. A. Kopp

Die diaxiale diazementale Fetalobstetrische
in der Therapie des Kollumkarzinoms



Habilitationsschrift
vorgelegt
von
Dr. med. Helmut Vahrson
Gießen

Meinem Chef und Lehrer
Professor Dr. R. Kepp
für die Förderung und die
freie und selbständige
Arbeitsmöglichkeit an der
Univ.-Frauenklinik Giessen
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
I. Einleitung.....	5
1. Historische Entwicklung und Methoden der konventionellen Röntgen-Bewegungsbestrahlung	5
2. Historische Entwicklung und Methoden der Telekobalt-Bewegungsbestrahlung.....	7
II. Problemstellung.....	11
1. Therapieplan und Ergebnisse der konventionellen Röntgenbestrahlung beim Kollumkarzinom..	11
2. Umstellung auf Telekobaltbestrahlung und daraus folgende Fragestellungen.....	11
III. Material und Methodik.....	13
1. Bestrahlungsanordnung.....	13
A) Telekobalteinheit.....	13
B) Bestrahlungstisch.....	13
C) Phantome.....	14
2. Dosismessung.....	19
A) Meßgeräte.....	19
B) Meßvorgang.....	19
3. Ermittlung der Isodosenkurven.....	19
4. Erläuterungen.....	20
IV. Orientierende Versuche zur Ermittlung einer günstigen Dosisverteilung.....	22
1. Einfluß des Pendelwinkels auf die Dosisverteilung.....	22
A) Variation des symmetrischen Pendelwinkels	22
B) Variation des asymmetrischen Pendelwinkels	25
2. Einfluß des Pendelwinkels und Ausschaltwinkels auf die Dosisverteilung.....	25
A) Variation des symmetrischen Ausschaltwinkels bei konstantem symmetrischen Pendelwinkel..	25
B) Variation des asymmetrischen Ausschaltwinkels bei konstantem symmetrischen Pendelwinkel..	27
C) Variation des Ausschaltwinkels bei konstantem asymmetrischen Pendelwinkel.....	33

V. Untersuchungen der zur Bestrahlung geeigneten Dosisverteilungen.....	37
1. Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung mit Pendelwinkel 200° und Ausschaltwinkel 20° ($80^{\circ} - 100^{\circ}$) : Methode I	37
A) Anpassung an verschiedene Radiumbelastungen durch Variation des Pendelachsabstandes.....	37
B) Dosisverteilung bei kombinierter Radium-Telekobaltbestrahlung.....	40
a) Radiumträger zentral gelegen.....	41
b) Radiumträger 2 cm exzentrisch.....	43
C) Einfluß der Körperform auf die Dosisverteilung im kleinen Becken.....	47
D) Einfluß der Körperform auf die Hautbelastung.....	48
E) Wahl der optimalen Feldlänge.....	52
a) Horizontalschnitt des kleinen Beckens	52
b) Sagittalschnitt des kleinen Beckens	52
F) Bestrahlung der Lymphknotenstationen im kleinen Becken.....	57
2. Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung mit Pendelwinkel 210° und Ausschaltwinkel 70° ($50^{\circ} - 120^{\circ}$) : Methode II.....	60
A) Anpassung an verschiedene Radiumbelastungen durch Variation des Pendelachsabstandes	60
B) Dosisverteilung bei kombinierter Radium-Telekobaltbestrahlung.....	62
a) Radiumträger zentral gelegen.....	62
b) Radiumträger 2 cm exzentrisch.....	65
C) Einfluß der Körperform auf die Dosisverteilung im kleinen Becken.....	67
D) Hautbelastung.....	68
E) Wahl der optimalen Feldlänge.....	70
a) Horizontalschnitt des kleinen Beckens	70
b) Sagittalschnitt des kleinen Beckens	70
F) Bestrahlung der Lymphknotenstationen im kleinen Becken.....	73
G) Einfluß der Patientenlagerung auf die Dosisverteilung im kleinen Becken.....	75

	<u>Seite</u>
VI. Berechnung der Herddosis.....	78
1. Schwierigkeiten.....	78
2. Allgemeines Vorgehen.....	78
A) Dosisleistung.....	79
B) Herdfeldumrechnungsfaktor.....	79
C) Gewebe-Luft-Faktor.....	79
D) Pendelumlauf-Dosisleistung.....	80
E) Gegenachsfaktor.....	80
F) Umrechnung auf ein anderes Quartal...	81
3. Erstellung eines Diagramms.....	81
A) Ausführung.....	81
B) Weitere Diagramme.....	82
4. Rüstzeit.....	83
VII. Heilungsergebnisse.....	87
1. Überlebensraten seit Einführung der Tele- kobalttherapie.....	87
A) 5 Jahres-Überlebensraten.....	87
B) 3 Jahres-Überlebensraten.....	89
C) Komplikationen.....	92
2. Operation oder Bestrahlung im Stadium I	92
3. Kritische Bemerkungen.....	96
A) Entwicklung und Vergleich der Stadien- verteilung.....	97
B) Weitere Einflüsse auf die Heilungs- ergebnisse.....	100
VIII. Diskussion.....	101
1. Vergleich von Röntgenbestrahlungsmethoden	101
2. Vergleich von Radiumbestrahlungsmethoden	103
3. Vergleich von Telekobaltpendelmethode	106
A) Hamburger Methode der biaxialen Pendel- bestrahlung.....	106
B) Pariser und Mailänder Methode der Schräg- feld-Pendelbestrahlung.....	107
C) Heidelberger Methode der biaxialen biseg- mental-Pendelbestrahlung.....	109
D) Hamburger und Berliner Methode der 4-axialen Pendelbestrahlung.....	111

	<u>Seite</u>
4. Vorteile der Telekobaltbewegungsbe- strahlung.....	113
5. Grenzen der Telekobaltbewegungsbe- strahlung.....	114
6. Folgerungen für die Therapie der Universi- täts-Frauenklinik Giessen.....	116
A) Radiumtherapie.....	116
B) Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendel- bestrahlung.....	118
IX. Zusammenfassung.....	121
X. Literaturverzeichnis.....	122

I. Einleitung

1. Historische Entwicklung und Methoden der konventionellen Röntgen-Bewegungsbestrahlung

Die erste therapeutische Röntgenbestrahlung wurde 1896 in Wien durch L. FREUND bei einem 3-jährigen Mädchen mit einem ausgedehnten Naevus pigmentosus piliferus ausgeführt. Die Epilation gelang, doch traten noch bis 30 Jahre danach immer wieder schwere Ulzerationen auf (FUCHS und HOFBAUER (24)). J. DEUTSCH versuchte 1902 in München als erster ein inoperables Uteruskarzinom allein mit mehreren Röntgenserien zu behandeln. Er bestrahlte innerhalb von 5 Monaten 60 mal, erzielte aber nur einen Palliativerfolg (13). Schon bald nach diesen ersten Therapieversuchen wurden Methoden entwickelt, die Herddosis bei Verwendung der noch wenig leistungsfähigen Röntgenröhren für die Tiefentherapie zu erhöhen. Dafür boten sich zwei Methoden an: Die Kreuzfeuerbestrahlung und die Bewegungsbestrahlung.

Der auf Anregung von R. WERNER von M. KOHL gebaute Bestrahlungskonzentrator, über den WERNER 1907 berichtete (88), arbeitete mit einer an einem Kreisbogenstativ beweglichen Röhre, deren Zentralstrahl auf den Kreismittelpunkt (Herd) gerichtet blieb. Da später eine motorische Bewegung der Röhre vorgesehen, aber nicht verwirklicht wurde, stellt dieser Bestrahlungskonzentrator sowohl eine Verbesserung der Kreuzfeuermethode als auch den Vorläufer der Bewegungsbestrahlung dar. Die erste für die Bewegungsbestrahlung geeignete Konstruktion in Form der "schwingenden Röhre" entwickelte H. MEYER zusammen mit R. POHL und berichtete 1913 über Anwendung und erste Erfolge (55). Diese Röhre drehte sich in einer Teilrotations- (=Pendel-) Bewegung um den liegenden Patienten.

Das entgegengesetzte Prinzip einer Rotationsbewegung des Patienten im Bestrahlungsfeld einer feststehenden Röhre meldete W. OTTO 1913 zum Patent an (56). Diese Methode der Bewegungsbestrahlung erlangte nur vorübergehende Bedeutung. WACHSMANN und KELLER (82) sowie BAEUMER (1) gaben 1952 Bestrahlungsmethoden für exzentrische Teilrotation der Patientin bei gynäkologischen Tumoren an. KEPP und BAEUMER berichteten 1953 und 1956 über Erfahrungen in der Behandlung von Rezidiven des Kollumkarzinoms (37,38).

Die Weiterentwicklung der "schwingenden Röhre" bei festliegendem Patienten führte zu einer Anzahl von Bestrahlungsverfahren, die sich alle auf vier Bewegungsabläufe zurückführen lassen:

1. Rotationsbestrahlung (360°) und Pendelbestrahlung (Teilrotation)
2. Translationsbestrahlung
3. Konvergenzbestrahlung
4. Kombinierte Bewegungsabläufe, z.B. Pendelkonvergenzbestr.

Gerade die letzte Methode erreichte große Bedeutung. Die Pendelkonvergenzbestrahlung wurde von WACHSMANN entwickelt (89), von TESCHENDORF 1952 (75) sowie von BECKER et al. 1954 in die Therapie eingeführt (2). Letztere gaben bereits eine Methode für die Bestrahlung parametraner Infiltrate bei Uteruskarzinom an. An der Universitäts-Frauenklinik Giessen führte SPECHTER am Plexiglas-Wasser-Phantom mit eingebautem knöchernen Becken umfangreiche Messungen über die Dosisverteilung mit dem Müller TU 1 aus und berichtete 1955 und 1957 darüber (71, 72). Seine Methode der Pendelkonvergenzbestrahlung war bis 1965 für alle primär bestrahlten Patienten mit einem Kollumkarzinom ein fester Bestandteil des Therapieplans. Erst 1966 - 1968 wurde sie durch die Hochvoltbestrahlung ersetzt. Ausführliche Darstellungen der konventionellen Bewegungsbestrahlung finden sich bei WACHSMANN und BARTH (83), KEPP (39, 40), HOFMANN (32), Einzelheiten der Dosisverteilung und -berechnung bei KELLER (36).

2. Historische Entwicklung und Methoden der Telekobalt- Bewegungsbestrahlung

Die physikalischen Vorteile höherer Strahlenenergien führten seit 1930 schließlich zur Entwicklung von Beschleunigeranlagen im Megavoltbereich. Für die perkutane Telecurie-therapie stand zunächst nur das Radium in ungenügenden Mengen zur Verfügung. Es wurde in Radiumkanonen mit bis zu 50 g Ladung eingesetzt, doch war damit nur eine Kurzdistanztherapie möglich. Erst die Reaktortechnik erzeugte durch Neutronenbeschuss künstliche radioaktive Isotope in genügender Menge, Aktivität und Preiswürdigkeit für die Teletherapie. Die ersten Anlagen mit ^{60}Co -Quellen von 1000 Curie wurden 1951 in Kanada in Betrieb genommen, und erst ab 1952 wurden die ersten ^{60}Co -Strahlenquellen von der kanadischen Atomenergiegesellschaft mit einer Stärke von 1000 Curie ausgeliefert (SCHEER (67)). In den folgenden Jahren wurden die Telekobaltanlagen die am häufigsten in der Tumorthherapie eingesetzten Megavoltgeräte. Die weitere Entwicklung zeigte, daß gerade die Bewegungsbestrahlung mit Telekobaltgeräten eine günstige Dosisverteilung bei gynäkologischen Tumoren sowohl als Monotherapie wie auch in Kombination mit Radium bringt. Eine Übersicht über die Methoden der Telekobalt-Bewegungsbestrahlung zeigt die Tab. 1, Seite 8.

Vorschläge mit Isodosenkurven für eine zentrale Rotation erschienen vor allem von BRAESTRUP und MOONEY 1955 (4), KORNELSEN 1957 (42), BONET-MAURY 1959 (3), DAHL und VIKTERLÖF 1960 (12), KUTTIG und FRISCHBIER 1960 (45), HEINZEL 1961 (31), TAKAHASHI et al. 1961 (74), KOECK et al. 1962 (41), BUTTENBERG 1962 (9), WELKER 1967 (85).

Über die biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung publizierten u.a. BURAGGI et al. 1958 (8), ZANETTI und TOSCA 1959 (91), MELLOR 1960 (52), CIAMBELLOTTI und CUGINI 1961 (10), HEINZEL 1961 (31) HOWARTH und WILSON 1961 (33), GIETZELT et al. 1962 (27),

Tab. 1: Methoden der Telekobalt-Bewegungsbestrahlung

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| I) monaxiale | Rotation |
| | 1. Vollrotation (360°) |
| | 2. Teilrotation |
| | a) monosegmental |
| | b) bisegmental |
| | 3. Kombination mit Stehfeldern |
| | 4. Konformationsbestrahlung |
| II) biaxiale | Pendelung (Teilrotation) |
| | 1. monosegmental |
| | 2. bisegmental |
| | 3. Kombination mit Stehfeldern |
| | 4. Schrägfeld |
| III) 4-axiale | Pendelung (4-Zentren-Teilrotation) |
| IV) Pendeltranslation | (Achsen-Transversalverschiebung) |

MATSCHKE und WELKER 1963 (51), BRIZEL et al. 1963 (6), FRISCHBIER und HASSE 1965 (21), KAPP-SCHWOERER und PYCHLAU 1967 (35), VAHRSON 1967 (77), KUTTIG et al. 1968 (47), VAHRSON 1970 (78), HARTWIG 1972 (30), WÜRTHNER und HARDE 1972 (90).

Über die 4-axiale Pendelung erschienen Arbeiten u.a. von GOLDSCHNEIDER und STERN 1958 (28), HEINZEL 1961 (31), MATSCHKE und WELKER 1963 (51), GAUWERKY und OBRANOVIC 1967 (25), WELKER und EICHHORN 1971 (86) und 1972 (87).

Über die Pendeltranslation mit Transversalverschiebung der Pendelachse berichteten KUTTIG und BECKER 1968 (48), KUTTIG et al. 1970 (49).

Untersuchungen über die biaxiale Schrägfeld-Pendelbestrahlung entsprechend dem Verlauf der Lymphabflußrichtung veröffentlichten SURMONT 1958 (73), BURAGGI et al. 1959 (8), WEISHAAR et al. 1964 (84).

Eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Methoden der Bewegungsbestrahlung bringt der Handbuchbeitrag von KUTTIG (44).

Von den genannten Autoren gebührt FRISCHBIER und HASSE (21) das Verdienst, als erste eine Methode der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung vorgestellt zu haben, die in fast allen Stadien des Kollumkarzinoms mit nur geringen Variationen anwendbar ist und sich sowohl in Kombination mit der Radiumtherapie wie auch als alleinige Bestrahlung eignet. Diese Methode wurde daher Anstoß und Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen (Abb. 1).

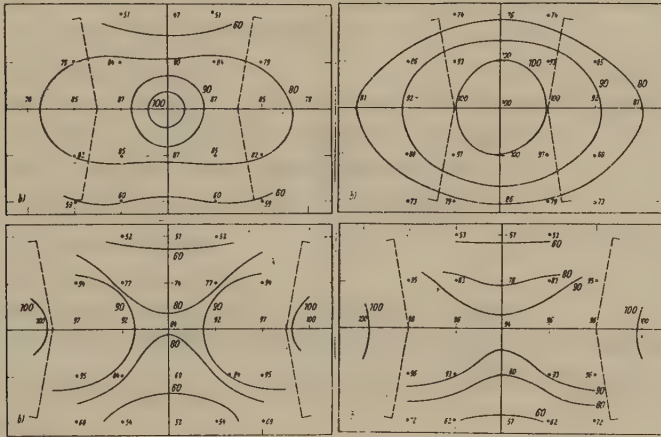


Abb. 1: Hamburger Methode der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung (FRISCHBIER und HASSE)

links oben: Methode A
HF 6x16cm, PAA 6cm

rechts oben: Methode B
HF 8x16cm, PAA 4cm

links unten: Methode C
HF 6x16cm, PAA 10cm

rechts unten: Methode D
HF 6x16cm, PAA 8cm

1967 berichtete VAHRSON (77) auf dem Deutschen Röntgenkongreß in Baden-Baden über eine eigene Methode der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung des Kollumkarzinoms. Diese Versuche zur besseren Anpassung der Dosisverteilung bei der Telekobaltpendelbestrahlung an der Universitäts-Frauenklinik Giessen wurden von VAHRSON und HARTWIG* fortgesetzt und 1972 publiziert (30). Unabhängig davon berichteten KUTTIG et al. 1968 (47) über eine ähnliche Methode. 1970 teilte VAHRSON (78) erste Heilungsergebnisse der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung beim Vaginalkarzinom mit.

*Die Abb. 6-25 hat bereits HARTWIG (30) verwendet

II. Problemstellung

1. Therapieplan und Ergebnisse der konventionellen

Röntgenbestrahlung beim Kollumkarzinom

Bis Ende des Jahres 1965 wurden die Kollumkarzinome an der Universitäts-Frauenklinik Giessen einer kombinierten Radium-Röntgenbestrahlung unterzogen. Als Bestrahlungsgeräte dienten ein Müller TU 1 mit 200 KV und eine Müller Hohlanodenröhre mit 100 KV Scheitelspannung. Nach einer Umstellung der Bestrahlungsplanung mit einer stärkeren Betonung der Pendelkonvergenzbestrahlung und Reduzierung der mit dem Körperhöhlenrohr eingestrahlten Dosis lautete der Therapieplan von 1961 - 1965 (1968) vereinfacht:

Inoperable Kollumkarzinome:

- 2 x 2000 mgeh. Radium intrazervikal (Stift evtl. mit Platte)
- evtl. vorher 1 x 1000 mgeh Radium intravaginal
- 13 x 200 R HD Pendelkonvergenzbestrahlung bd.
- 3 x 200 R HD Körperhöhlenrohrbestrahlung bds.

Operable Kollumkarzinome:

- Operation nach Wertheim
- 2 x 1000 mgeh Radium in den Scheidenstumpf
- 12 - 18 x 200 R OD Stehfeld (2 Unterbauch - 2 Glutealfelder)

Mit diesem Therapieplan wurden folgende 5-Jahres-Überlebensraten erzielt:

Stadium I 71,3 %, Stadium II 45,0 %, Stadium III 27,7 %, Stadium IV 0,0 %, Stadium I - IV 51,4 %

2. Umstellung auf Telekobaltbestrahlung und daraus folgende

Fragestellungen

Nach Inbetriebnahme des Hochvoltbunkers der Medizinischen Fakultät der Universität Giessen im Jahre 1965 standen auch der Universitäts-Frauenklinik ein 18 MeV-Betatron, ein

Gammatron 1 und ein Caesa-Gammatron zur Verfügung. Damit wurde dem Verfasser dieser Arbeit die Aufgabe übertragen, die konventionelle Röntgenbestrahlung durch die Hochvolttherapie zu ersetzen. Innerhalb dieser sehr weitgesteckten Aufgabe war die Strahlentherapie des Kollumkarzinoms wegen seiner Häufigkeit und der bisher erzielten mittelmäßigen absoluten Überlebensrate von 51,4 % vorrangig. Es ging beim Kollumkarzinom darum, unter Beibehaltung der Radiumtherapie die bisher durch Pendelkonvergenz und Hohlanodenrohr auf die Parametrien eingestrahlte Dosis durch eine moderne Methode der Hochvolttherapie zu ersetzen. Durch die über 10-jährige Erfahrung mit der Pendelkonvergenzbestrahlung bot sich auch in der Hochvolttherapie die biaxiale Bewegungsbestrahlung der Parametrien an. Von der Alternative: Bewegungsbestrahlung mit dem 18 MeV-Betratron oder mit dem ^{60}Co -Gammatron von 4000Ci fiel die Entscheidung zugunsten der Telekobaltanheit, da nur dieses Gerät für den täglichen Routinebetrieb eine geringe Störanfälligkeit und relativ kurze Bestrahlungszeiten garantierte. Durch die Festlegung auf die biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung konnten die neuen Probleme auf die Fragestellung reduziert werden:

Welche sinnvollen Dosisverteilungen lassen sich mit der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung im kleinen Becken erreichen?

Wie weit lassen sich die Heilungsergebnisse beim Kollumkarzinom mit der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung gegenüber der konventionellen Röntgenbestrahlung unter Beibehaltung der Radiumtherapie verbessern?

Welchen Platz nimmt die biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung in der Strahlentherapie der verschiedenen Stadien des Kollumkarzinoms ein?

III. Material und Methodik

1. Bestrahlungsanordnung

A) Telekobalteinheit

Für die Versuche am Phantom und die Bestrahlung der Patientinnen stand ein "Gammatron 1c" (Siemens AG, Erlangen) mit Blockblende zur Verfügung. Die maximale Ladung betrug 4000 Curie ^{60}Co , die minimale etwa 2000 Curie. Der Ausgleich der laufenden Abnahme des Kobaltwertes entsprechend der Halbwertszeit von 5,27 ($\pm 0,02$) Jahren (11) erfolgte durch vierteljährliche Korrektur und Verlängerung der Bestrahlungszeit. Das Gammatron war bei allen Pendelbestrahlungen auf einen Pendelradius von 65 cm eingestellt. Die Pendelbewegung war nur mit konstanter Geschwindigkeit möglich, das bedeutet, daß ein bestrahlungsfreier Kreissektor nicht durch schnellere Bewegung des Strahlerkopfes überbrückt werden konnte.

Der Pendelwinkel konnte in 10° -Stufen durch Vorwahl mechanisch rastender Schalter verändert werden bis zu einem Gesamtwinkel von 330° .

Die Blockblende gestattet die Einstellung rechteckiger Felder zwischen 2×2 cm und 14×14 cm in 50 cm Quellenabstand. Die Kantenlängen bei diesem Abstand sind am Strahlerkopf an Skalen ables- und einstellbar. Auch bei anderen Behandlungsabständen läßt sich die Feldeinstellung am einfachsten durch die Angabe dieser sog. Normfeldgröße in 50 cm Quellenabstand reproduzieren.

B) Bestrahlungstisch

Die Lagerung der Phantome und der Patientinnen erfolgte auf 2 Lagerungstischen mit elektromotorischer Hub- und Senkvorrichtung (M-Tisch und S-Tisch von Siemens AG/Erlangen)

Die Auflageplatte bestand aus Holz mit PVC-Auflage. Nach Beendigung eines Teiles der Versuche wurde der M-Tisch mit einem schmalen, geraden Querschnitt im gynäkologischen Bestrahlungsbereich durch einen S-Tisch mit wannenförmigem breiten Querschnitt ersetzt, in den seitliche Einschnitte und Schlitzte eingesägt wurden. Die Querschnitte der beiden Tische und der drei verwendeten Phantome (Phantom-Tisch-Einheit) zeigen die Abb. 2 und 3, Seite 15 und 16. Durch dieses Auswechseln der Tische sind geringe Abweichungen des Isodosenverlaufes unvermeidbar.

C) Phantome

Drei verschiedene Phantome wurden verwendet. Die Versuche zur Ermittlung des Isodosenverlaufs unter verschiedenen Bedingungen der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung wurden mit zwei Plexiglasphantomen ausgeführt.

Das im folgenden Text als "körpergerecht" bezeichnete Phantom wurde einer adipösen Patientin von 158 cm Länge und 80,0 kg Gewicht nach Reißbrettzeichnungen nachgebildet. Es besteht aus 2 cm dicken Plexiglasplatten (Dichte $\rho = 1,18 \text{ g/cm}^3$) in die nach Röntgenuntersuchungen und anatomischen Atlanten Skelettquerschnitte mit den interessierenden Organen (Vagina, Uterus, Harnblase, Ureter, Rektum-Sigmoid) farbig eingraviert sind. Zur Dosisermittlung im Querschnitt des kleinen Beckens diente Scheibe 6, deren Topographie Abb. 4, Seite 17 zeigt. Alle Scheiben des Phantoms haben Bohrungen zur Aufnahme von Membranmeßkammern, die nach dem Koordinatennetz in 2 cm Abstand angeordnet sind.

Die nicht zur Messung benötigten Bohrungen wurden im gesamten Phantom mit passenden Mix-D-Stäbchen aus gewebe-äquivalentem Material (MARKUS (50)) ausgefüllt. Dieses Phantom dient der Ermittlung der Isodosenverläufe in allen drei Ebenen (Frontal-, Horizontal- und Sagittalebene).

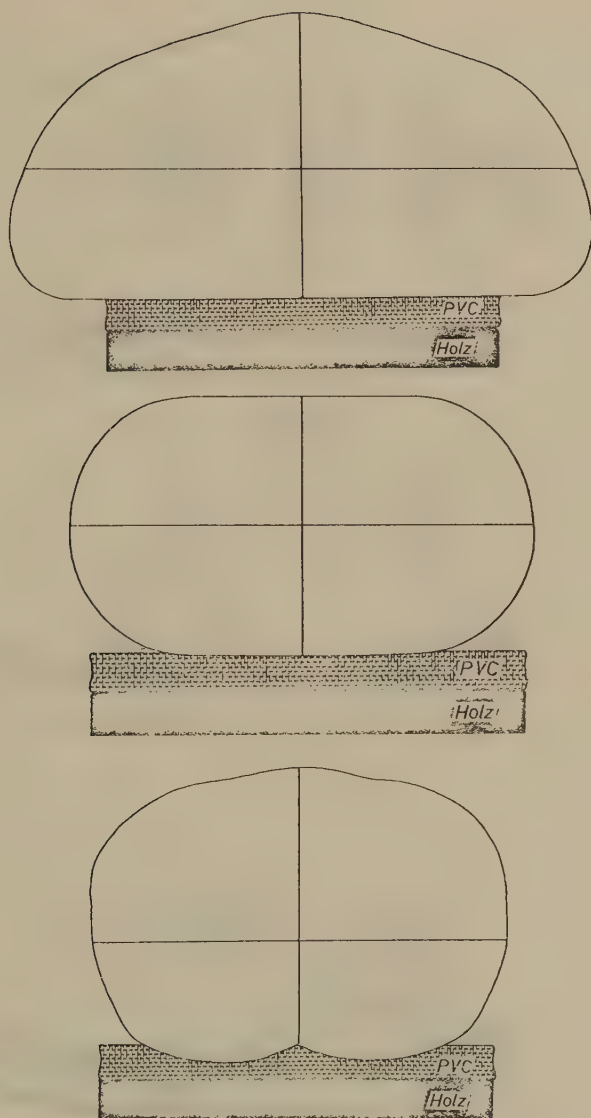


Abb. 2: Querschnitt der Phantom-Tisch-Einheit (M-Tisch)
 oben: körpergerechtes Plexiglasphantom
 mitte: Plexiglas-Idealphantom
 unten: Alderson-Rando-Phantom

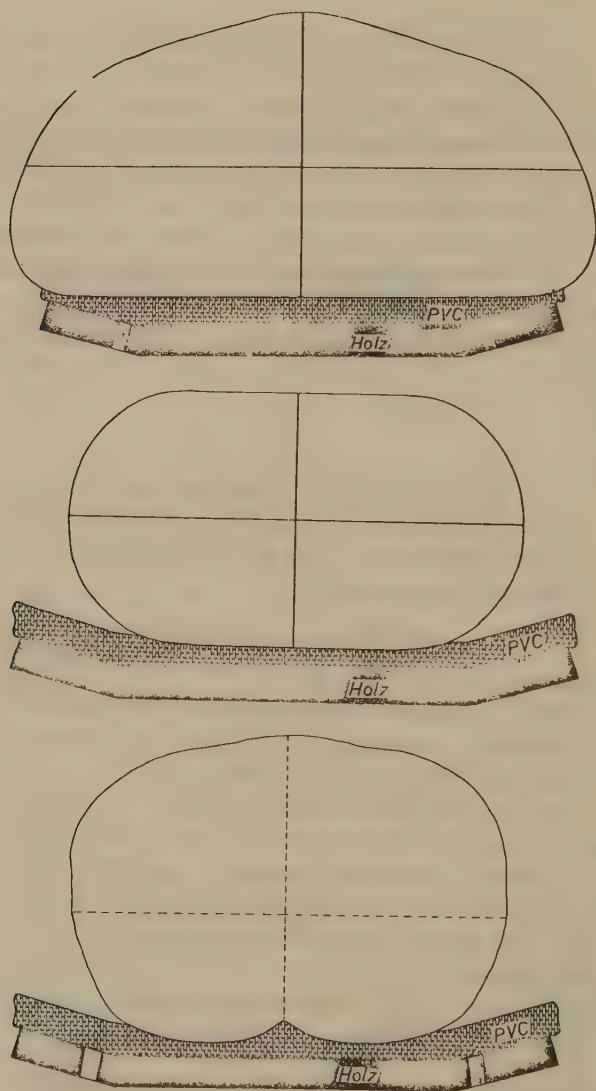


Abb. 3: Querschnitt der Phantom-Tisch-Einheit (S-Tisch)
oben: körpergerechtes Plexiglasphantom
mitte: Plexiglas-Idealphantom
unten: Alderson-Rando-Phantom

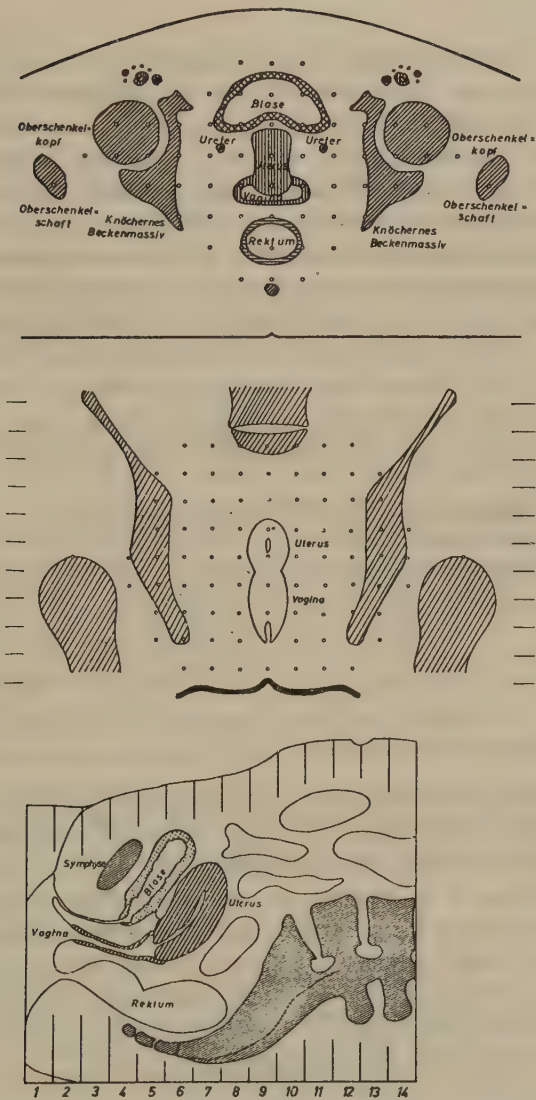


Abb. 4: Topographie am körpergerechten Plexiglasphantom
 oben: Frontalschnitt (Querschnitt) Scheibe 6
 mitte: Horizontalschnitt
 unten: Sagittalschnitt

Das sog. "Idealphantom" aus Plexiglas dient nur der Überprüfung des Isodosenverlaufes im Querschnitt des kleinen Beckens (Scheibe 4) und der Hautbelastung einer schlanken Patientin (Abb. 2 und 3). Die Bohrlöcher haben ebenfalls 2 cm Abstand. Das Alderson-Rando-Phantom aus gewebe-äquivalentem Plastikmaterial mit eingebettetem menschlichen Skelett entspricht einer Knabengröße. Gemessen wurde in den Bohrungen der Scheibe 31. Die Bohrungen sind vom Hersteller in 3 cm Abstand angebracht worden, was zur Ermittlung von Isodosenkurven nicht ausreichend ist. Dieses Phantom wurde deshalb nur für vergleichende Dosismessungen in der Pendelachsebene verwendet. Die Abmessungen der drei Phantome zeigt die Tab. 2.

Tab. 2: Abmessungen der 3 Phantomquerschnitte in Feldmitte

	Körpergerechtes Flexi-Phantom	Plexiglas- Idealphantom	Alderson-Rando- Phantom
Breite	43,5 cm	32,0 cm	31,5 cm
Höhe	21,5 cm	18,0 cm	22,0 cm
Umfang	112,0 cm	86,0 cm	90,0 cm

Zur Messung der Hautbelastung wurden an den beiden Plexiglasphantomen die Scheiben 6 bzw. 4 gegen entsprechend gestaltete Scheiben ausgetauscht. Bei diesen sind Bohrlöcher in ca. 3 cm Abstand an der Oberfläche so angebracht, daß die Meßkammern nur teilweise an der Oberfläche freiliegen, aber nicht herausfallen können. Der Mittelpunkt der Meßkammern liegt etwa 3 mm unter der Oberfläche, so daß eine ziemlich realistische Simulation der subkutanen Hautbelastung beim Menschen erreicht wird.

2. Dosismessung

A) Meßgeräte

Die Dosismessungen wurden mit Membranmeßkammern von 6 mm Durchmesser und 18 mm Länge und einem Kondiometer (PTW/Freiburg) ausgeführt. Die Membranmeßkammern haben einen Meßbereich von 15 - 600 R, wurden aber nur im Meßbereich bis 300 R verwendet.

B) Meßvorgang

Vor dem Einsetzen der Meßkammern in die interessierenden Meßpunkte des Phantoms, wurden die Kammern zunächst geladen und durch Messung ihres Nullpunktes überprüft, dann erneut geladen und eingesetzt. Nach der Bestrahlung des Phantoms wurden die Meßkammern entnommen und die Entladung in Skalenteilen gemessen. Die von der Meßkammer absorbierte Dosis berechnet sich dann nach der Formel:

$$(\text{Skalenteile} \pm \text{Vorgabe}) \cdot \text{Kammerfaktor} = \text{Dosis in R}$$

Die Membranmeßkammern wurden regelmäßig etwa alle 3 Monate unter Stehfeldbedingungen durch Telekobaltbestrahlung überprüft und Kammern, die mehr als 5 % vom Mittelwert abwichen, eliminiert. Entsprechend wurde unter den laufenden Versuchen bei auffälligen Kammerabweichungen verfahren.

3. Ermittlung der Isodosenkurven

Bei den orientierenden Versuchen wurde jeder Versuch zweimal ausgeführt, wenn die Meßergebnisse übereinstimmten. Bei größeren Abweichungen wurde noch ein dritter Versuch unter gleichen Bedingungen ausgeführt. Das gemittelte Dosismaximum wurde =100 gesetzt und alle anderen Meßwerte in % dieser Maximaldosis angegeben. Bei biaxialer Telekobaltpendelbestrahlung wurde zwischen den entsprechenden Meßpunkten beider Seiten und der beiden (oder drei) Versuche gemittelt, so daß die %-Zahlen

immer spiegelbildlich gleich sind. Im Kapitel V sind etwas realistischer die 4 oder 6 entsprechenden Höchstwerte gemittelt und =100 gesetzt, wenn die Abweichung unter 5 % lag. Dieses Verfahren war besonders bei der Ermittlung der Isodosenkurven im Horizontal- und Sagittalschnitt erforderlich, weil hier in einem größeren Bereich weitgehend gleich hohe Werte gemessen wurden.

Filmdosimetrische Untersuchungen konnten erst seit 1972 vorgenommen werden, als die meisten Versuche bereits gelaufen waren. Diese Methode konnte daher nur zur Bestimmung des Gegenachsfaktors (Tab. 9) eingesetzt werden.

4. Erläuterungen

Zum besseren Verständnis der angegebenen Winkel, Pendelwinkel und Ausschaltwinkel, soll die folgende Abbildung 5 dienen:

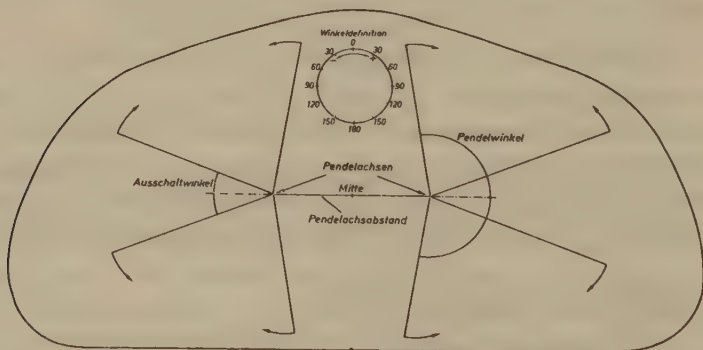


Abb. 5: Definition von Winkelgraden, Pendelwinkel, Ausschaltwinkel und Pendelachsabstand

Im Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

AW = Ausschaltwinkel	NF = Normfeld
GAF = Gegenachsfaktor	PAA = Pendelachsabstand
HD = Herddosis	PR = Pendelradius
HF = Herdfeld	PW = Pendelwinkel
mgeh = Milligrammelementstunden	

Um die Isodosenkurven übersichtlicher darzustellen, wurden die 100 %-Isodose, d.h. das gemittelte Dosismaximum und die 70 %-Isodose durch einen dickeren Strich hervorgehoben.

An den Stellen, an denen die Abbildungen keine Meßpunkte zeigen, konnte der Verlauf der Isodosenkurven nur geschätzt werden. Unberücksichtigt blieb bei dieser Darstellung, daß bei den maximal möglichen Herdtiefen im Plexiglasphantom bei Pendelbestrahlung in der Tiefe Meßfehler bis zu -9 % auftreten können (RÜDEL (65)).

Als Herdfeld wird das optisch durch die mittleren Halbschatten der Blockblende begrenzte Feld in der Drehachse bezeichnet. Seine Begrenzung entspricht etwa der 65 %-Isodose (RÜDEL (65)).

IV. Orientierende Versuche zur Ermittlung einer günstigen Dosisverteilung

1. Einfluß des Pendelwinkels auf die Dosisverteilung

A) Variation des symmetrischen Pendelwinkels

Bei diesen Versuchen beträgt der PAA 10 cm. Der Vergleich der Abb. 6 - 10 zeigt, daß mit zunehmender Größe des PW die Auswanderung des Dosismaximums nach außen in Richtung der Winkelhalbierenden abnimmt. Bei einem Winkel von 80° liegt es außerhalb der Beckenweichteile, erst ab 160° kommt das Dosismaximum mit seinem größten Umfang an die Innenseite des knöchernen Beckens. Die 70 %-Isodose verläuft bei einem PW von 80° - 160° hantelförmig und nimmt erst ab 200° die doppelte orale Form an. Die Beckenmitte und die beiden Oberschenkelköpfe werden mit zunehmender Größe des PW entlastet.

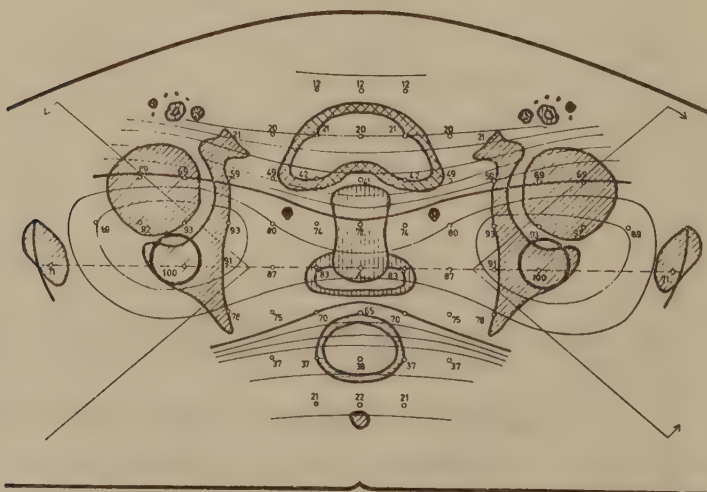


Abb. 6: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm,
PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 80°

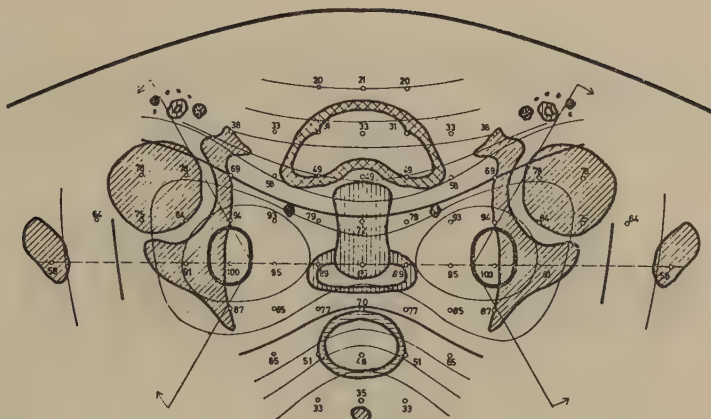


Abb. 7: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm,
PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 120°

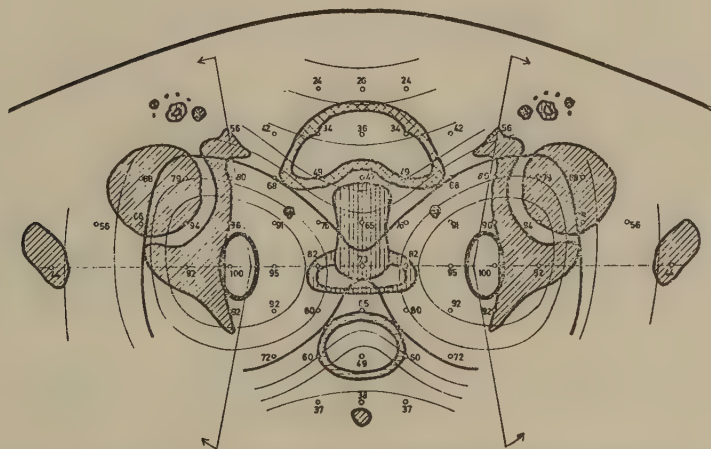


Abb. 8: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm,
PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 160°

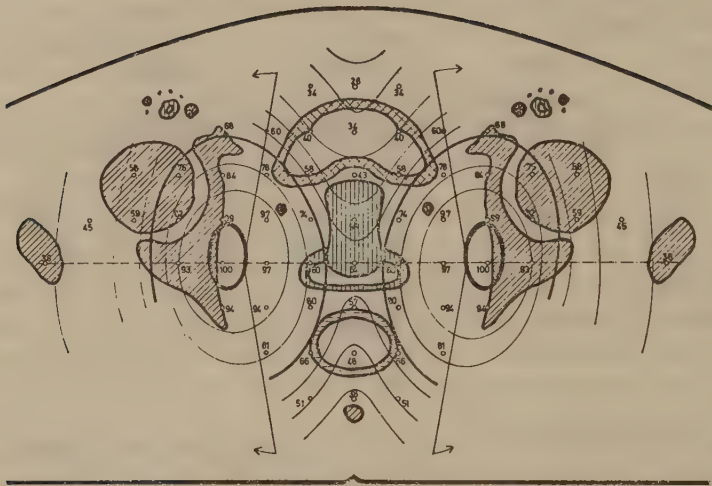


Abb. 9: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°

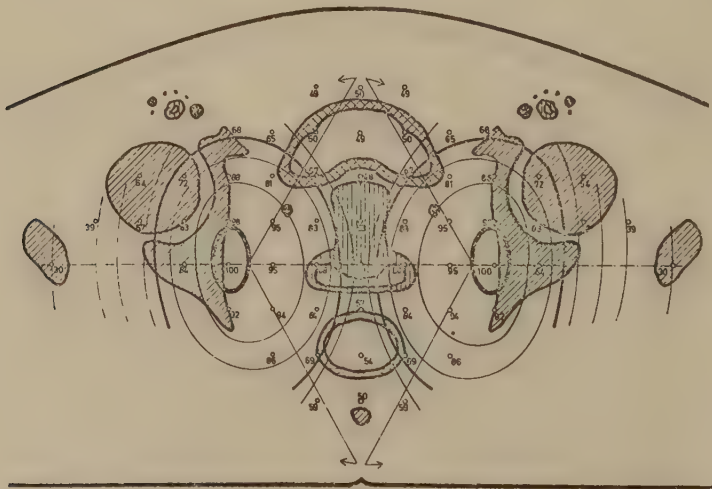


Abb. 10: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 240°

Die Abb. 8 entspricht den Bedingungen der Methode C von FRISCHBIER und HASSE (Seite 9). Diese Versuchsreihe zeigt, daß für die Bestrahlung der Parametrien große Pendelwinkel besser geeignet sind.

B) Variation des asymmetrischen Pendelwinkels

Auch bei diesen Versuchen beträgt der PAA 10 cm. Der asymmetrische PW ist 160° oder 200° . Die Dosismaxima liegen bei PW 160° (Abb. 11) und PW 200° (Abb. 12) an der Beckenwand, doch zeigt Abb. 11 eine Ausziehung der Isodosen in Richtung der Winkelhalbierenden und damit eine höhere Belastung des Oberschenkelkopfes. Die Vergrößerung des PW auf 200° (Abb. 12) und die Drehung der Winkelhalbierenden vom Oberschenkelkopf weg in Richtung auf das hintere Parametrium bringt keine wesentliche Entlastung des Oberschenkelkopfes. Wenn man den PW von 200° so dreht, wie die Abb. 13 zeigt, dann verlagern sich die beiden Dosismaxima von der Beckenwand weg und liegen in Ureternähe und die Blase wird mit 80 % - 90 % belastet, der mediale Rand des Oberschenkelkopfes liegt noch im Bereich der 70 %-Isodose.

Diese angeführten Beispiele asymmetrischer Pendelung zeigen, daß ein asymmetrischer PW ohne AW keine allgemein brauchbare Dosisverteilung im kleinen Becken bringt.

2. Einfluß des Pendelwinkels und Ausschaltwinkels auf die Dosisverteilung

A) Variation des symmetrischen Ausschaltwinkels bei konstantem symmetrischen Pendelwinkel

Diese Versuchsreihe wurde mit konstantem PW von 200° ($\mp 10 - \mp 170$), PAA 10 cm und Variation des AW von $20^{\circ} - 100^{\circ}$ ausgeführt. Durch die Ausschaltung der Strahlung während eines Pendelumlaufs von 200° bekommen die Isodosen einen

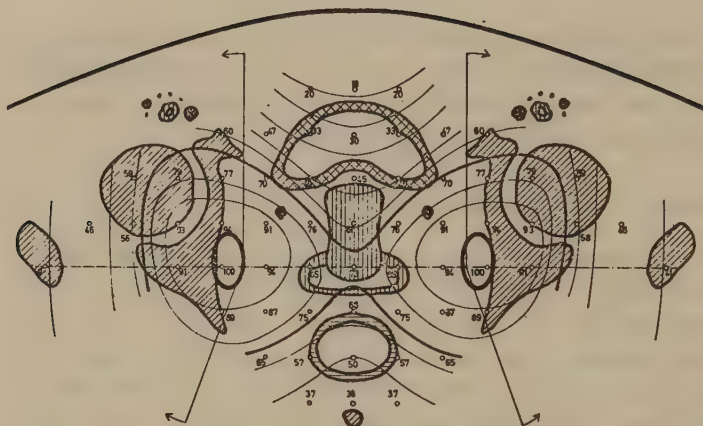


Abb. 11: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm,
PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 160°

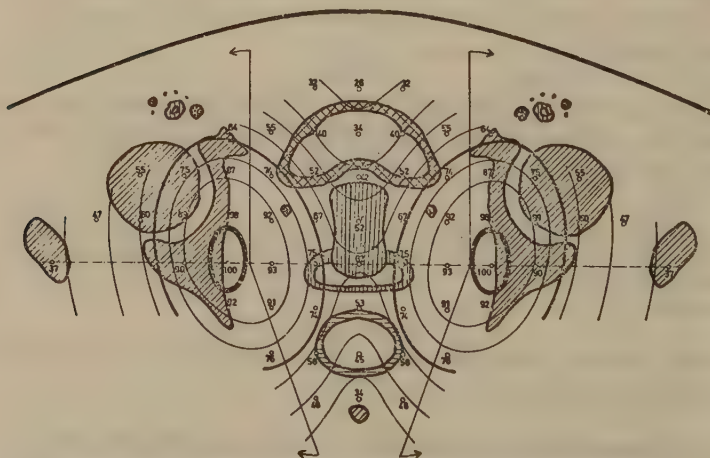


Abb. 12: Biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm,
PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°

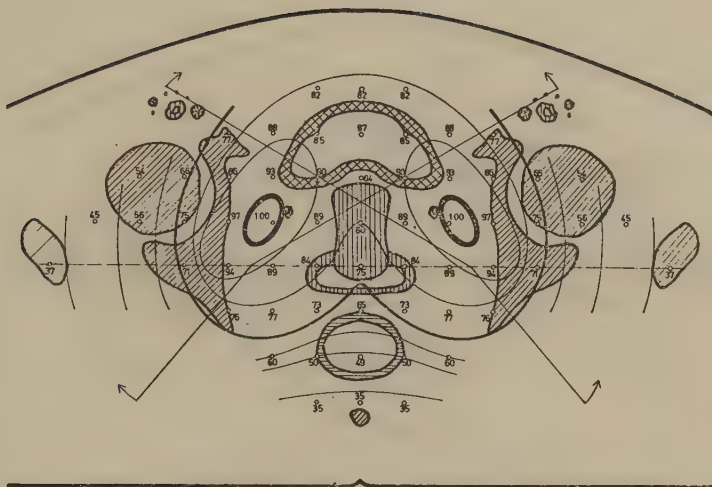


Abb. 13: Bi-axiale Telekobaltpendelbestrahlung: HF 6x12cm, PR 65, PAA 10 cm, PW 200°

mehr hochovalen Verlauf in anterior-posteriorer Richtung und passen sich der knöchernen Beckenwand besser an (Abb. 14 - 18). Das Dosismaximum liegt in allen Fällen an der Innenseite der Beckenwand, wandert aber schließlich, durch die Form der Phantom-Tisch-Einheit bedingt, in Richtung auf die Bauchoberfläche. Beckenmitte und Oberschenkelkopf werden entlastet. Diese Entlastung ist am deutlichsten bei AW 100° (Abb. 18). Gerade diese interessanten Isodosenverläufe wurden daher Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen.

B) Variation des asymmetrischen Ausschaltwinkels bei konstantem symmetrischen Pendelwinkel

Diese Versuchsreihe wurde mit konstantem PW von 200° und PAA 10 cm ausgeführt (Abb. 19 - 22). Damit sollte geklärt werden, ob durch Veränderungen der Lage des AW eine Entlastung des Oberschenkelkopfes erreicht werden kann.

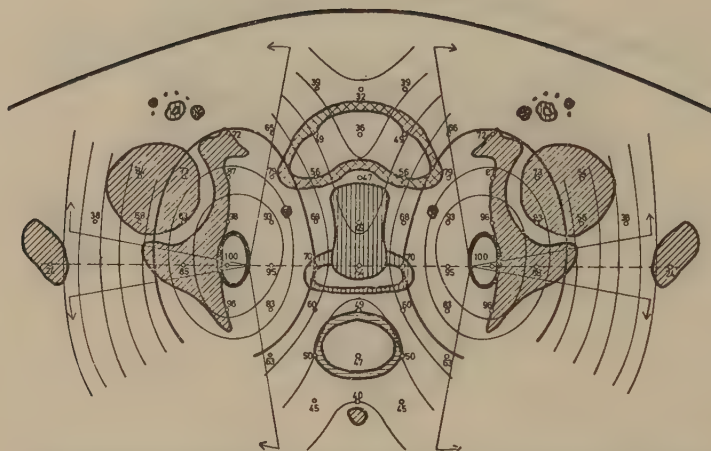


Abb. 14: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 20° (80° - 100°)

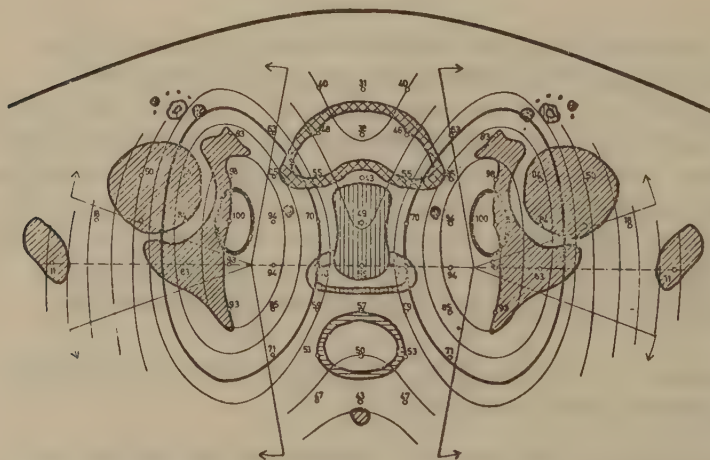


Abb. 15: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 40° (70° - 110°)

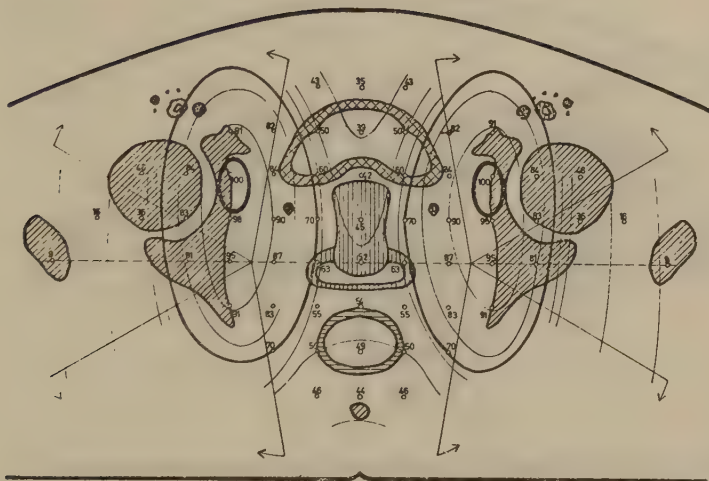


Abb. 16: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 60° (60° - 120°)

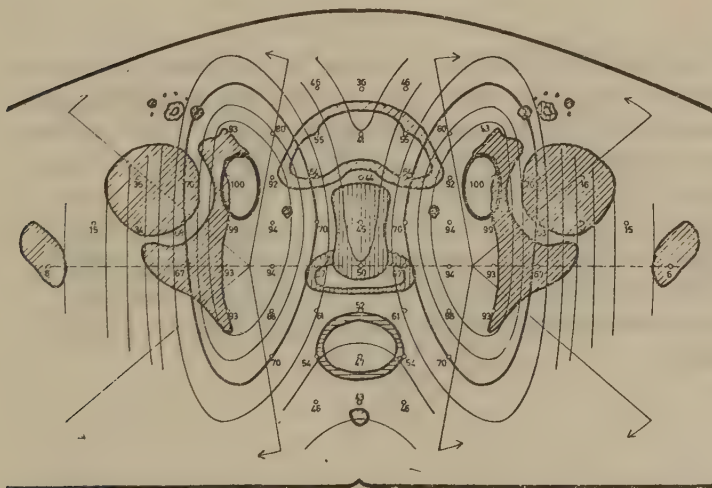


Abb. 17: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 80° (50° - 130°)

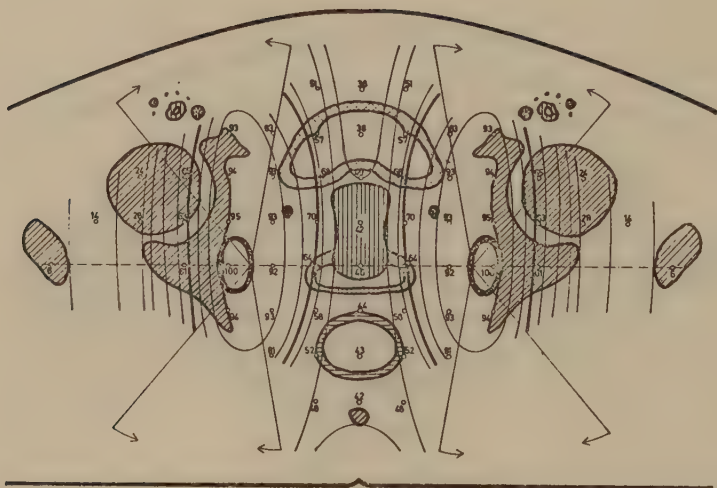


Abb. 18: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10° cm, PW 200°,
AW 100° (40° - 140°)

Die Verlegung des AW 20° in Richtung des Oberschenkelkopfes (Abb. 19 und 20) zeigt aber, daß durch diese Maßnahmen der Oberschenkelkopf kaum weniger belastet wird als bei symmetrischer Lage des AW bei 80° - 100° auf der Abb. 14. Auch der große AW von 50° bringt keine Vorteile für den Oberschenkelkopf, die Lage des AW von 90° - 140° (Abb. 22) führt aber zu einer höheren Belastung der hinteren Parametrien und Sacrouterinbänder und des Rektums, was für spezielle Ausbreitungsstadien des Kollumkarzinoms günstig sein kann.

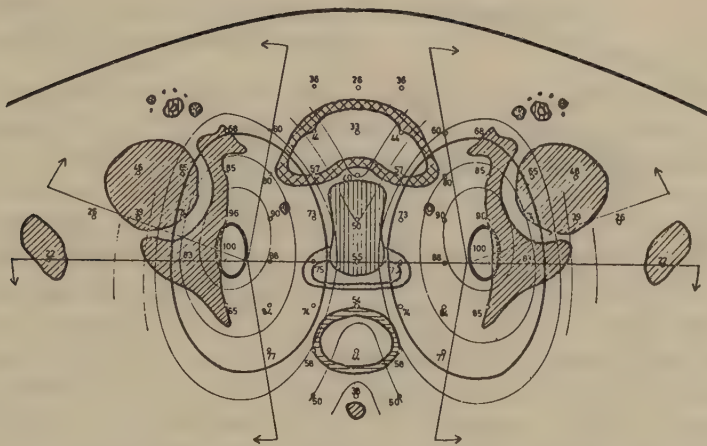


Abb. 19: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 20° (70° - 90°)

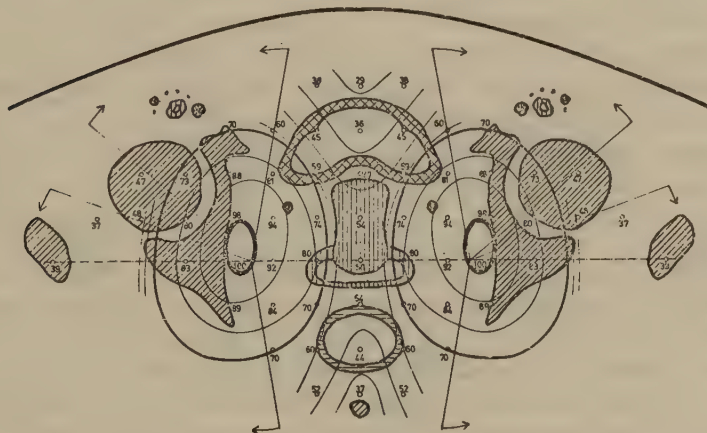


Abb. 20: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°,
AW 20° (50° - 70°)

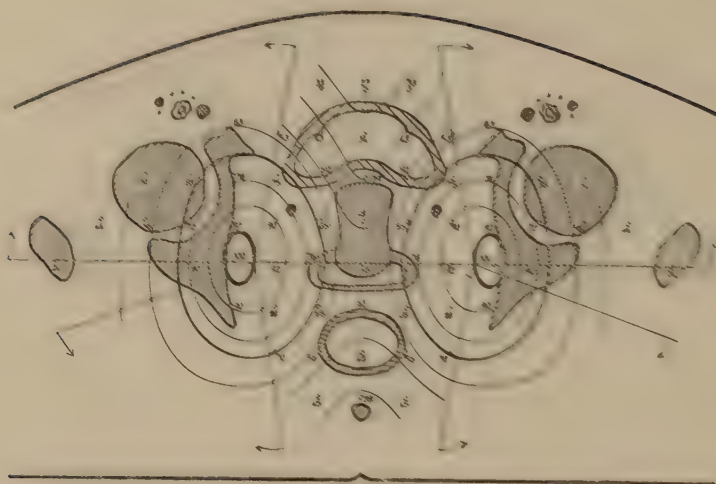


Abb. 21: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, FAA 10 cm, FW 200°,
AW 20° (90° - 110°)

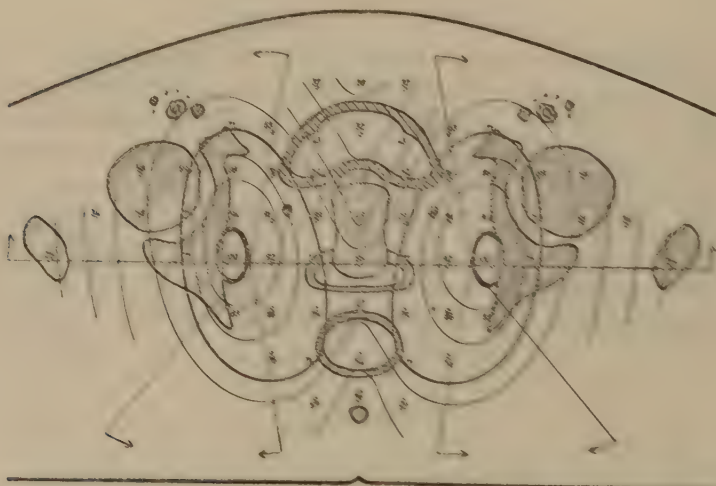


Abb. 22: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, FAA 10 cm, FW 200°,
AW 50° (90° - 140°)

C) Variation des Ausschaltwinkels bei konstantem asymmetrischen Pendelwinkel

Diese Versuchsreihe wurde mit einem konstanten asymmetrischen PW von 210° und konstantem PAA 10 cm ausgeführt. Der AW variierte von 70° - 100° . Damit wurden die Untersuchungen der Versuchsreihe 2 A, besonders Abb. 18 modifiziert. Die Überlegung war dabei, durch großen PW und AW eine großflächige Bestrahlung der gesamten seitlichen Parametrien zu erzielen (Abb. 23 - 25). Wenn man bei PW 210° die Strahlung um 70° (50° - 120°) ausschaltet (Abb. 23), entsteht ein sehr interessanter Isodosenverlauf: Das Dosismaximum liegt im Bereich der Pendelachse. Die 90 %-Isodose überdeckt die gesamte seitliche Beckenwand. Nach lateral ist der Dosisabfall sehr steil, so daß der Oberschenkelkopf von der 90 %-Isodose nur noch medial tangiert wird, sonst aber die lateralen 2/3 außerhalb der 70 %-Isodose liegen. Die 70 %-Isodose geht durch die seitliche Blasenwand, seitliche Vaginalwand und läuft seitlich am Rektum vorbei, aber nur wenn dieses nicht gefüllt oder gebläht ist. Auch der laterale Anteil der Ligg. sacrouterina liegt im Bereich der 70 % - 90 %-Isodosen. Zur Beckenmitte hin ist der Dosisabfall weniger steil und beträgt hier noch 50 % der Maximaldosis. Diese Methode erscheint daher für die kombinierte Radium-Telekobalttherapie des Kollumkarzinoms der Gruppe III mit breitbasiger Infiltration der Parametrien besonders gut geeignet.

Die beiden folgenden Versuche sollten klären, ob durch eine Vergrößerung des AW noch günstigere Isodosenverläufe erzielt werden können. Bei AW 80° (50° - 130°) auf der Abb. 24 zeigt sich erwartungsgemäß ein steilerer Dosisabfall zur Beckenmitte und zum Oberschenkelkopf hin als bei AW 70° (50° - 120°). Ureter und seitliche Blasenwand werden allerdings stärker belastet. Die 90 %-Isodose verlängert sich von 11 cm (AW 70°) auf über 12 cm. Durch den steileren Dosisabfall nach lateral wird auch die Eindellung der

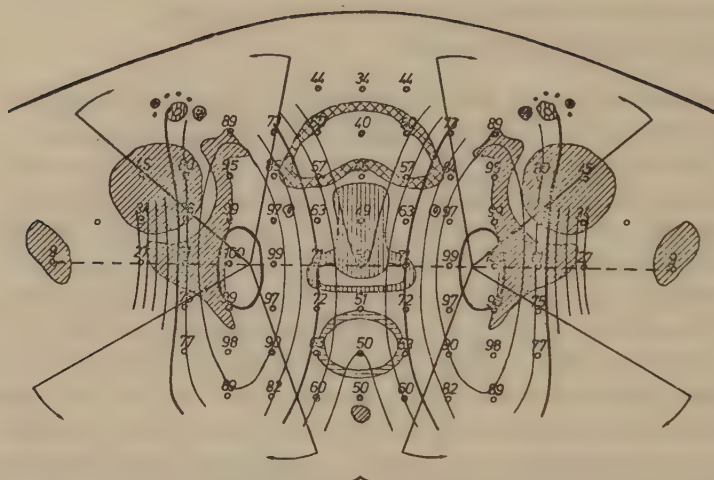


Abb. 23: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x13cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 210°,
AW 70° (50° - 120°)

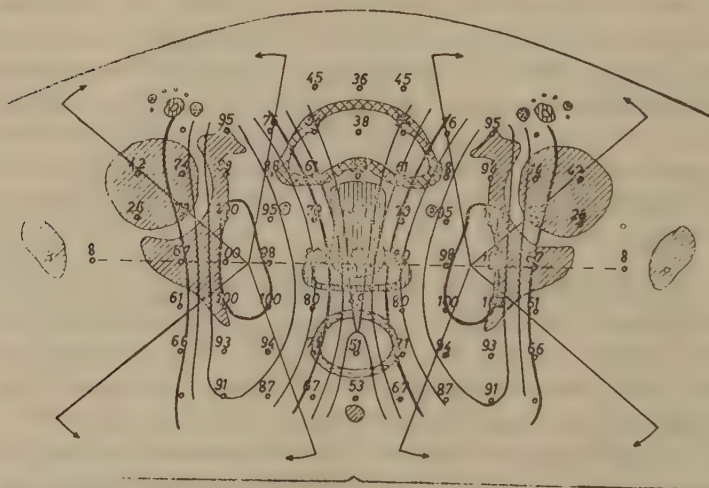


Abb. 24: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x13cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 210°,
AW 80° (50° - 130°)

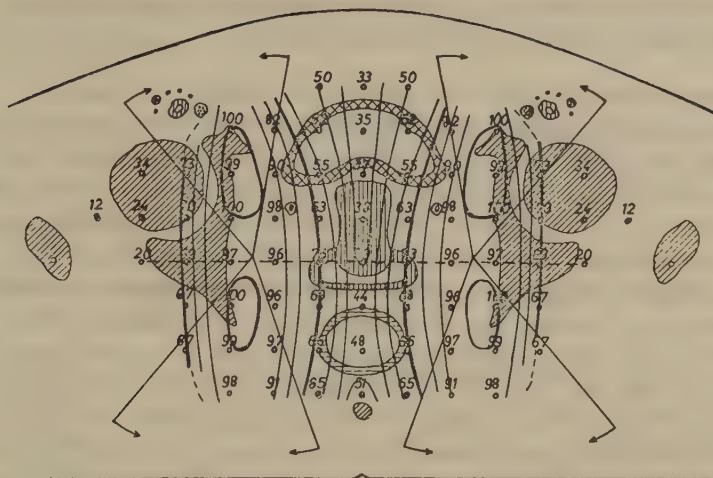


Abb. 25: Bi-axiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x13cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 210°,
AW 100° (40° - 140°)

Isodosen nach medial im Bereich der Beckenwand größer, so daß hier bei ungenauer Einstellung der Herdfelder oder seitlicher Verschiebung der Patientin eher die Gefahr der Unterdosierung und Überdosierung besteht als bei AW 70° (50° - 120°). Wenn man den AW noch weiter vergrößert auf 100° (40° - 140°), wie die Abb. 25 zeigt, wird der Dosisabfall zur Beckenmitte und zum Oberschenkelkopf hin noch steiler, das Dosismaximum reißt aber ab und trennt sich in 2 Maxima oberhalb und unterhalb der Pendelachse. Damit wird ein ähnlicher Isodosenverlauf erreicht wie mit der 4-axialen Telekobaltpendelbestrahlung (Abb. 68, Seite 112). Wenn wir dabei die Radiumdosis mit berücksichtigen, so würde zwar eine zentrale Radiumeinlage auf der Verbindungsline der beiden Pendelachsen dieses geringe Telekobaltdosisdefizit zwischen den beiden Maxima ausgleichen, doch würde eine Verschiebung des Radiumträgers auf der a.p.-Achse

nach vorn oder hinten zu unkontrollierbarer Inhomogenität der Gesamtdosis an der Beckenwand führen.

Zusammenfassung dieser Versuchsreihe: Durch die Pendelbestrahlung mit einem asymmetrischen PW von 210° und einem großen AW von 70° - 100° gelingt eine Vereinigung der Vorteile von Stehfeld und Pendelfeld: langgestreckter Isodosenverlauf in a.p.-Richtung, höhere Belastung der Beckenmitte als des außerhalb des kleinen Beckens liegenden Gewebes, Dosismaximum nicht säulenförmig von Hautoberfläche zu Hautoberfläche, sondern nur an der gesamten Beckenwand. Schonung des Oberschenkelkopfes. Besonders durch den kleineren AW von 70° (50° - 120°) scheint uns eine so günstige Dosisverteilung im kleinen Becken erreicht worden zu sein, daß ausgedehnte parametranne Infiltrationen, z.B. bei Kollumkarzinom Gruppe III in Kombination mit ausreichender Radiumbelastung der Beckenmitte optimal bestrahlt werden können.

V. Untersuchungen der zur Bestrahlung geeigneten Dosis- verteilungen

1. Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung mit 200° Pendelwinkel und Ausschaltwinkel 20° (80° - 100°):

Methode I

A) Anpassung an verschiedene Radiumbelastungen durch Ver- änderung des Pendelachsabstandes

Bei den orientierenden Versuchen zur Ermittlung einer günstigen Dosisverteilung hatte ein PW von 200° mit einem AW von 20° (80° - 100°) bei PAA 10 cm im Querschnitt eine günstige Dosisverteilung ergeben (Abb. 14). Sie wird im folgenden als Methode IA bezeichnet. Sie belastet die Beckenmitte mit 54 % der Maximaldosis an beiden Beckenwänden. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode IA zur Bestrahlung der seitlichen Parametrien beim Kollumkarzinom ist aber eine ausreichende Radiumdosis an der Zervix und den zervixnahen Anteilen der Parametrien.

Verkürzt man den PAA auf 8 cm (Abb. 26), so wird die Beckenmitte mit 84 % belastet, die 70 %-Isodose verläuft hantelförmig entlang der vorderen Rektumwand und durch die seitlichen Blasenanteile. Das Dosismaximum rückt etwas von der Beckenwand ab, doch bleibt die Beckenwand im Bereich der 90 %-Isodose. Diese Bestrahlungsanordnung wird im weiteren Text Methode IB genannt. Sie kann eine geringere Radiumdosis an der Portio ausgleichen, z.B. bei postoperativer Bestrahlung nach Wertheim-Operation, wenn der Vaginalstumpf nur wenig mit Radium belastet werden soll.

Nähert man die Pendelachsen noch weiter bis zu einem PAA von 6 cm, so daß sich die beiden HF in der Pendelachsebene tangieren (Abb. 27), dann summieren sich die Isodosen zu einem

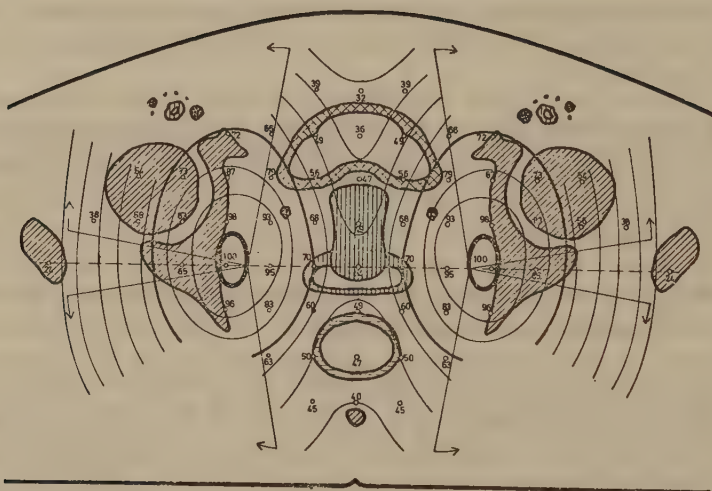


Abb. 14: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
(Wdhlg.) Methode IA: HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 200°
AW 20° (80° - 100°)

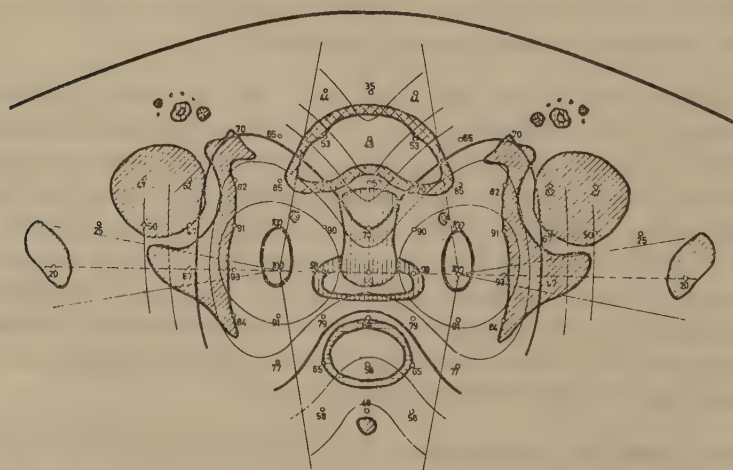


Abb. 26: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
Methode IB: HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 8 cm, PW 200°
AW 20° (80° - 100°)

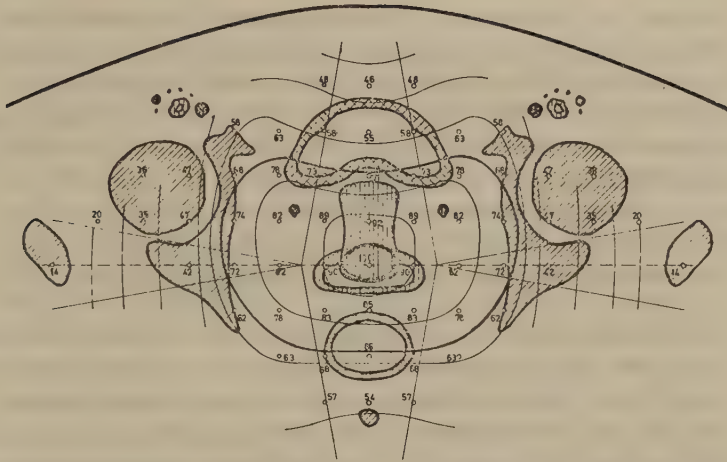


Abb. 27: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
Methode IC: HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 6 cm, PW 200°,
AW 20° (80° - 100°)

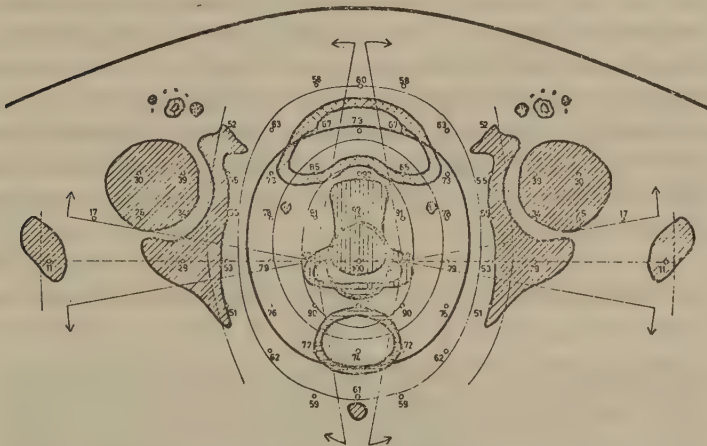


Abb. 28: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung:
HF 6x12cm, PR 65 cm, PAA 4 cm, PW 200°,
AW 20° (80° - 100°)

Maximum in Beckenmitte. Der größte Teil des kleinen Beckens liegt von Beckenwand zu Beckenwand mit Einschluß von Blasenboden und vorderer Rektumwand innerhalb der 70 %-Isodose. Diese im weiteren Text Methode IC genannte Bestrahlung eignet sich also für die alleinige Telekobaltpendelbestrahlung von Kollumkarzinomen in Sonderfällen, z.B. bei Gefahr oder Bestehen einer Blasen- oder Rektum-Scheidenfistel (aber fehlender Metastasierung außerhalb des kleinen Beckens) und hochsitzenden Vaginalkarzinomen.

Verkürzt man den PAA auf 4 cm (Abb. 28), so daß sich die HF in der Mitte überdecken, dann entsteht eine hochovale ausgedehnte 70 %-Isodose, die fast das gesamte Rektum und $\frac{2}{3}$ der Blase einschließt, aber beiderseits nicht bis zur Beckenwand reicht. Ein Tumor dieser Ausdehnung dürfte sehr selten sein, so daß sich diese Methode der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung nicht für eine ausschließliche Perkutanbestrahlung unter Verzicht auf Radium eignet. Der AW stört hier, die Feldbreite ist zu klein. In diesem Fall ist eine biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung ohne AW wie die Hamburger Methode B (Seite 9), bei der die 80 %-Isodose queroval verläuft und von Beckenwand zu Beckenwand reicht, besser. Die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung kann also die intrazervikale Radiumeinlage in jeder Weise kompensieren und geht damit über den Rang einer reinen perkutanen Zusatzbestrahlung weit hinaus.

B) Dosisverteilung bei kombinierter Radium-Telekobalt-Bestrahlung

Als Beispiel für die Radiumbestrahlung wurde bei allen mgeh-Angaben ein einfaches Röhrenfilter AR 111 früher 204 K (sog. 3 x 3-Träger, geladen mit 9 Normalröhrchen 69 mit je 10 mg Radiumelement) von Amersham-Buchler verwendet. Unterschiedliche mgeh-Angaben wurden also durch entsprechend verschiedene Liegezeiten desselben Trägers erzielt. Dies stellt aber nur eine Vereinfachung für die Zeichnungen dar, die auf Iso 49 Ra (Luftwerte) von Buchler & Co basieren.

a) Radiumträger zentral gelegen

Primäre Radium-Telekobaltbestrahlung (Normalfall)

Wenn der Uterus genau in der Beckenmitte liegt und damit auch die Radiumträger zentral gelegt werden können, bestehen für die kombinierte Radium-Telekobalt-Bewegungsbestrahlung seitensymmetrische Dosisverteilungen, die gut berechnet werden können. Auf der Abb. 29 sind unter diesen idealen geometrischen Bedingungen die Dosiskurven der Methode IA mit 4000 R HD und einer Radiumbestrahlung mit 4000 mgeh und die Summenkurven in γ R aufgetragen. 2 cm von der Beckenmitte entfernt in Punkt A nach TOD und MEREDITH (76) beträgt die Gesamtdosis etwa 9500 γ R, und 6 cm exzentrisch an der Beckenwand ist die Gesamtdosis auf etwa 5000 γ R abgefallen. Bei Verwendung einer Platten-Röhren-Filterkombination ändert sich die Radiumdosiskurve etwas.

Postoperative Nachbestrahlung bei Lymphknotenmetastasen

Für den Fall einer Nachbestrahlung nach Wertheim-Operation mit Lymphonodektomie und histologisch positiven Lymphknoten, z.B. in der Gabelung der A. iliaca communis müssen bei Verwendung der gleichen kombinierten Bestrahlungsmethode die Dosierungen geändert werden: Die Radiumdosis muß wegen der Anwendung im Scheidenstumpf reduziert, die parametranne Telekobaltdosis entsprechend erhöht werden. Die Abb. 30 zeigt die Dosisverteilung bei 4500 R HD nach Methode IA und 2000 mgeh Radium. Die Gewebe in 2 cm von der Beckenmitte erhalten 6400 γ R, die Beckenwand in 6 cm Abstand von der Beckenmitte noch 5000 γ R Gesamtdosis. Der im Vergleich zu Abb. 29 flachere Verlauf der Summenkurven deutet aber schon an, daß bei Exzentrizität des Radiumträgers auf der Gegenseite eine Unterdosierung zu erwarten ist. Wenn man daher die Beckenmitte höher mit Telekobalt belastet durch Verkürzung des PAA auf 8 cm (Methode IB) bei gleicher HD von 4500 R und 2000 mgeh Radium (Abb. 31) dann verläuft die Summenkurve wesentlich steiler:

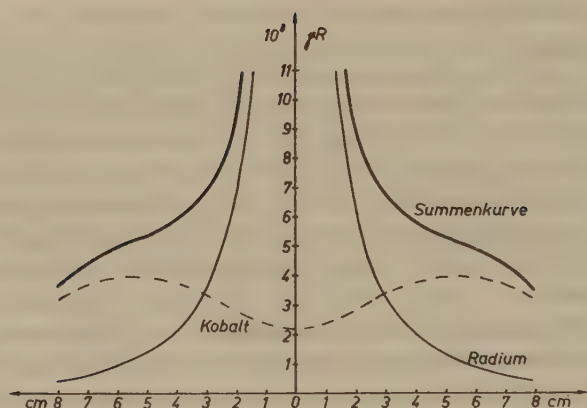


Abb. 29: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgeh Radium zentral, 4000 R HD nach Methode IA

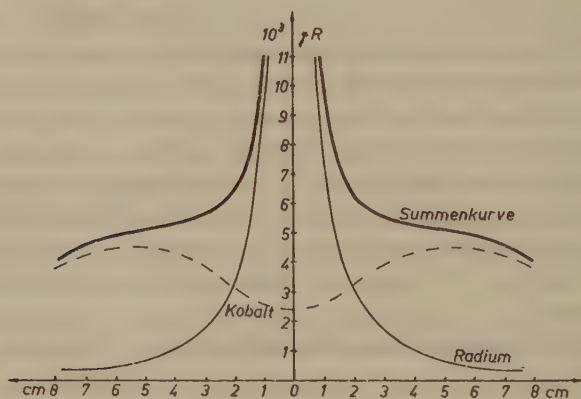


Abb. 30: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 2000 mgeh Radium zentral, 4500 R HD nach Methode IA

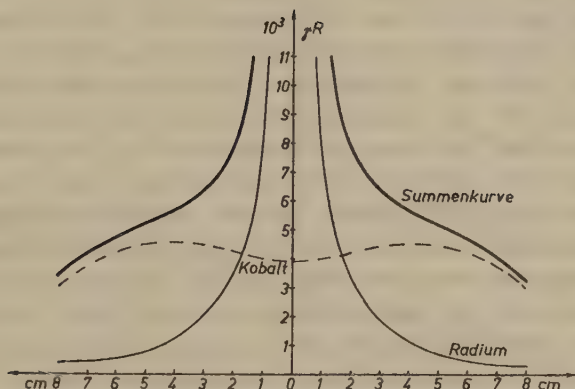


Abb. 31: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 2000 mgeh Radium zentral, 4500 R HD nach Methode IB

Die Gewebe 2 cm von der Beckenmitte erhalten 8000 γ R, die Beckenwand in 6 cm Abstand noch 5700 γ R. Die angegebenen Dosierungen von Radium und Telekobalt stellen die obere Grenze der zumutbaren Gewebsbelastung nach der Wertheim'schen Operation dar und gelten nur für den Fall histologisch gesicherter Lymphknotenmetastasen im Bereich des kleinen Beckens. Wenn die entfernten Lymphknoten metastasenfrei waren, kommt man sicher mit 4000 R HD Telekobaltpendelbestrahlung zusätzlich zu den 2000 mgeh Radium aus.

b) Radiumträger 2 cm exzentrisch

Der Wert einer gezielten perkutanen Bestrahlung zusätzlich zur Radiumtherapie muß sich vor allen Dingen bei Exzentrizität des Radiumträgers: Dextro-(Sinistro-) positio oder Dextro-(Sinistro-) versio bis zur Querlage des Uterus erweisen. Wir stellen deshalb die Dosisverteilung der kombinierten Bestrahlung bei einer erheblichen Exzentrizität des Radiumträgers von 2 cm vor.

Primäre Radium-Telekobaltbestrahlung

Auf der Abb. 32 ist die Summenkurve in γ -R bei 4000 R HD Telekobaltpendelbestrahlung (PAA 10 cm) und 4000 mgeh Radium mit 2 cm Linkäverschiebung dargestellt. Die Gesamtdosis summiert sich auf der linken Seite der Kurve an der Beckenwand in 6 cm Abstand von der Mitte auf 6000 R HD, medial davon wird die Belastung noch wesentlich höher. Auf der dem Radiumträger abgewendeten Seite wird mit 4400 γ -R die geringste Dosis an der Beckenwand erreicht. Nach medial steigt die Gesamtdosis leicht an. An keiner Stelle entsteht eine Unterdosierung. Die fehlende Radiumdosis kann also an der Beckenwand durch die Telekobaltdosis ausgeglichen werden, die hier gerade ihr Maximum erreicht. Wenn also statt 4000 R auf dieser Seite oder bds. 4600 R HD mit Telekobalt eingestrahlt werden, dann erhöht sich die Gesamtdosis entsprechend auf 5000 γ -R. Bei primärer Radium-Telekobaltpendelbestrahlung mit dieser Methode wird also auch eine erhebliche Verlagerung des Uterus zur Seite noch kompensiert.

Postoperative Radium-Telekobaltbestrahlung

Eine erhebliche Verlagerung des Scheidenstumpfes nach lateral nach der Wertheim'schen Operation ist zwar selten, doch sollen auch für diesen Fall die Auswirkungen auf die Dosisverteilung im kleinen Becken bei postoperativer Bestrahlung untersucht werden. Wir haben wieder eine relativ geringe Belastung des Scheidenstumpfes durch 2000 mgeh Radium 2 cm exzentrisch und eine Belastung durch 4500 R HD Telekobalt vorausgesetzt, wie sie z.B. bei histologisch gesicherten Lymphknotenmetastasen indiziert ist. Auf der Abb. 33 wurde ein PAA von 10 cm gewählt (Methode IA). Die stärker durch Radium belastete linke Seite der Kurve zeigt bei 6 cm Abstand von der Mitte (Beckenwand) 5400 γ -R, wobei die Gesamtdosis zur Mitte hin steil ansteigt. Auf der entgegengesetzten Seite

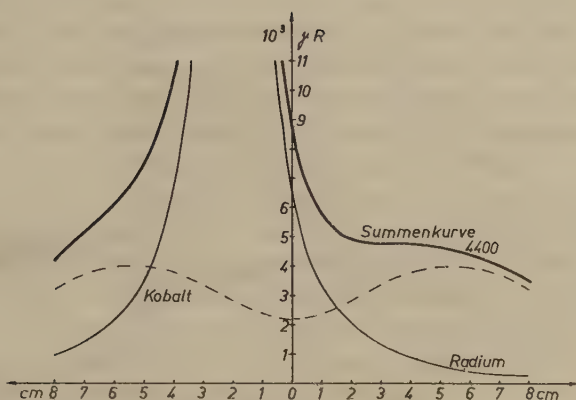


Abb. 32: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgch Radium 2 cm exzentrisch, 4000 R HD nach Methode IA

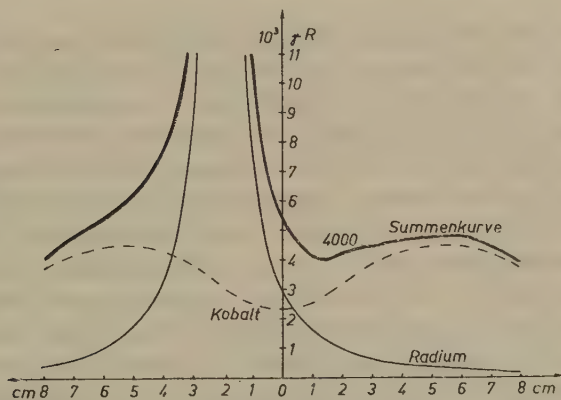


Abb. 33: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 2000 mgch Radium 2 cm exzentrisch, 4500 R HD nach Methode IA

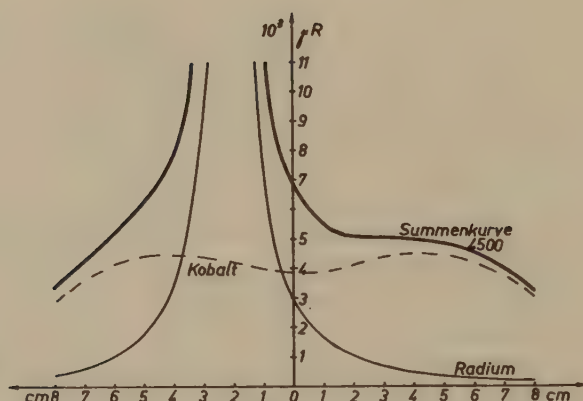


Abb. 34: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 2000 mgeh Radium 2 cm exzentrisch, 4500 R HD nach Methode IB

findet sich die minimale Gesamtdosis von 4000 γ R in 1,5 cm Entfernung von der Mitte, nach lateral steigt die Summenkurve bis 4800 γ R an. Die minimale Gesamtdosis von 4000 γ R ist unter den genannten Voraussetzungen zu gering für die Nachbestrahlung. Eine Erhöhung der unter diesen Bedingungen perkutan eingestrahlteten Telekobaltdosis ist kaum möglich, da das Maximum der Telekobaltpendelbestrahlung zu weit entfernt liegt. Wenn wir aber den PAA von 10 cm auf 8 cm verkürzen nach Methode IB (Abb. 34), dann entsteht durch die höhere Telekobaltdosis in Kurvenmitte keine Unterdosierung. Das Minimum liegt mit 4500 γ R an der Beckenwand in 6 cm Abstand. Die Beckenwand auf der Seite des Radiumträgers erhält 5200 γ R. Damit gestattet diese Methode IB eine fast optimale Ausstrahlung des kleinen Beckens auch bei 2 cm Exzentrizität des intravaginalen Radiumträgers.

Die Methoden IA und IB der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung können also eine Exzentrizität des Radiumträgers um 2 cm ohne zusätzliche Bestrahlungsplanung

ausgleichen. Das gefährliche Moment bei exzentrischem Uterus ist nicht die Überdosierung auf der Seite des Uterus, denn Untersuchungen von GAUWERKY und OBRANOVIC (25) zeigten, daß ein parametranes Infiltrat häufiger eine Verkürzung des Parametriums als eine Verdrängung des Uterus zur gesunden Seite hin macht und zwar im Verhältnis 19 : 2 links und 20 : 9 rechts. Damit wird in 72 % aller Fälle auf der erkrankten Seite überdosiert, wo dies meist erwünscht ist. Die Gefahr besteht darin, daß auf der dem Uterus entgegengesetzten Seite zu niedrig bestrahlt wird, was besonders bei der konventionellen Pendelkonvergenzbestrahlung als großer Nachteil galt (SCHMERMUND und FRANKE (68)).

C) Einfluß der Körperform auf die Dosisverteilung im kleinen Becken

Diese Untersuchungen wurden an den beiden Plexiglasphantomen vorgenommen, die eine sehr dicke und eine sehr schlanke Patientin repräsentieren. Statt einer 2-dimensionalen Darstellung der Isodosenkurven bei beiden Phantomen wurden in gesonderten Versuchen auf der Verbindungslinie der beiden Pendelachsen alle 2 cm die Werte gemessen und in % vom Dosismaximum ausgedrückt. Die Tabelle 3 zeigt, daß innerhalb des kleinen Beckens von 0 cm (Beckenmitte) bis 6 cm (Beckenwand) die gemessenen Dosen nur innerhalb von ± 3 % schwanken. Das bedeutet, daß in der Pendelachsebene innerhalb des kleinen Beckens die Körperform keinen meßbaren Einfluß auf die Dosisverteilung hat. Erst außerhalb des kleinen Beckens in 8 cm Entfernung von der Mitte (Oberschenkelkopf) differieren die Werte stärker, wobei das kleinere Idealphantom die höheren Werte aufweist. Damit bestätigen sich die Versuche von FRISCHBIER und HASSE (21) am ellipsoiden Phantom mit verschiedenen Durchmessern, daß die Phantomgröße auch bei Berücksichtigung extremer Körperumfänge keine entscheidende Veränderung der Dosisverteilung bewirkt. Durch den großen PW

und den AW an der Stelle des größten Patientendurchmessers ist auch bei Berücksichtigung des knöchernen Beckens kein Dosierungsfehler von 20 % zu erwarten, wie er von EICHHORN und RICHTER (16) bei biaxialer Pendelung mit PW 130° berechnet wurde.

Tab. 3: Dosisverteilung in der Verbindungslinie beider Pendelachsen beim körpergerechten Phantom (KP) und Idealphantom (IP) bei biaxialer bisegmentaler Telekobaltpendelbestrahlung nach Methode I (HF 6x12cm)

PAA	Phantom	0 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm
10 cm	KP	64 %	80 %	97 %	100 %	79 %
	IP	64 %	79 %	94 %	100 %	84 %
8 cm	KP	88 %	98 %	100 %	95 %	59 %
	IP	89 %	98 %	100 %	97 %	70 %
6 cm	KP	100 %	92 %	87 %	67 %	38 %
	IP	100 %	90 %	86 %	70 %	43 %

D) Hautbelastung

Verglichen wurden die beiden Plexiglasphantome, in die im Austausch eine Scheibe mit halboffenen Bohrungen eingefügt wurde. Auf den beiden folgenden Abb. 35 und 36 sind die Meßwerte an der Oberfläche in % des gemessenen Maximalwertes in der Pendelachsebene angegeben. Danach liegt die maximale Oberflächenbelastung im vorderen Pendelsegment über der Pendelachse. Sie beträgt beim körpergerechten Phantom 59 % bei Methode IB und beim Idealphantom ebenfalls 59 %/58 % bei Methode IA und IB. Die hinteren Segmente werden bei beiden Phantomen geringer belastet. Wichtig ist, daß auch bei Überschneidung der HF bei Methode IC (PAA 6cm) die Belastung in der Mitte der Phantomoberfläche nur 39 %

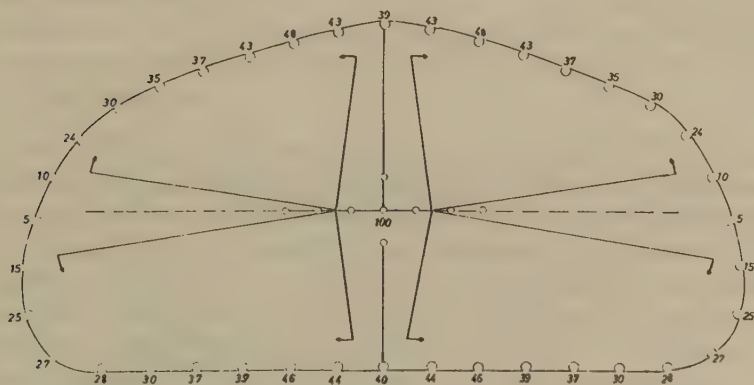
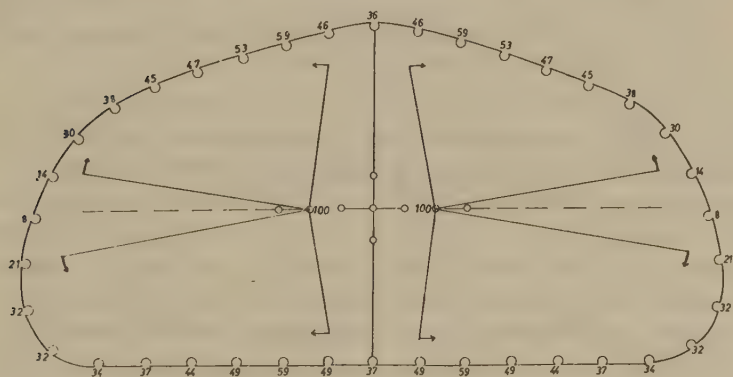
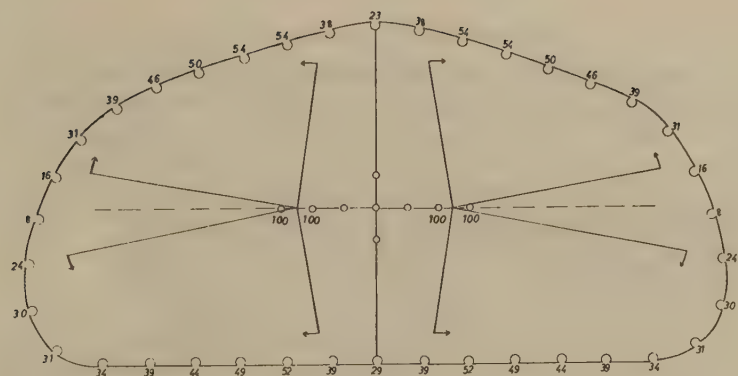


Abb. 35: Oberflächenbelastung am körpergerechten Phantom
oben: Methode IA
mitte: Methode IB
unten: Methode IC

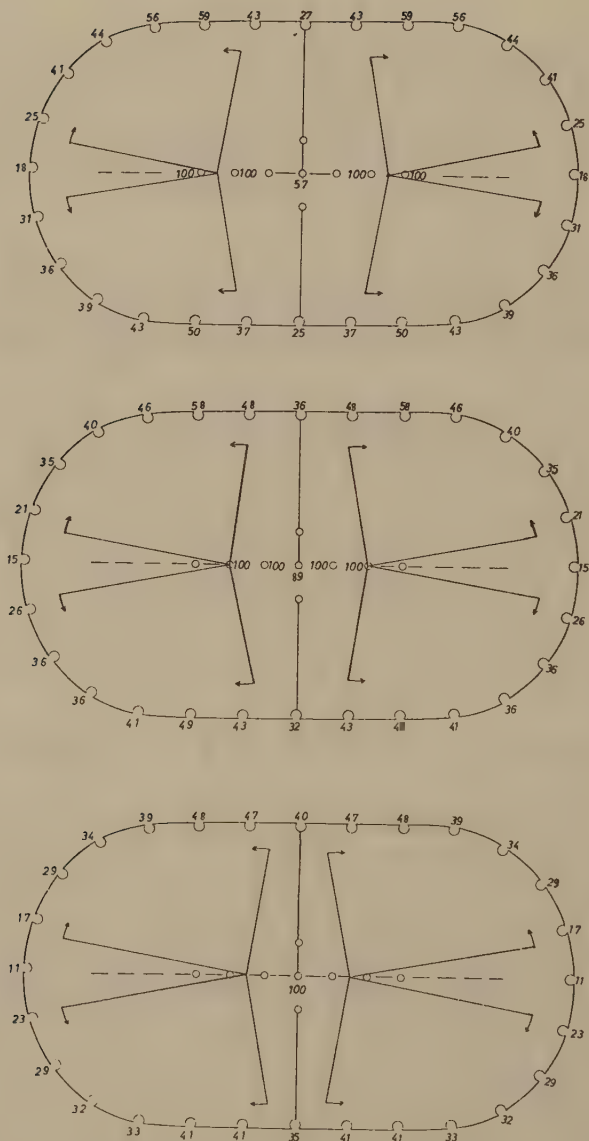


Abb. 36: Oberflächenbelastung beim Idealphantom
 oben: Methode IA
 mitte: Methode IB
 unten: Methode IC

beim körpergerechten Phantom und 40 % beim Idealphantom beträgt. Die Tab. 4 zeigt die durchschnittliche Belastung der gesamten Oberfläche bei Methode I.

Tab. 4: Durchschnittliche Oberflächenbelastung beim körpergerechten Phantom (38 Meßpunkte) und beim Idealphantom (28 Meßpunkte) in Abhängigkeit vom PAA bei biaxialer bisegmentaler Telekobaltpendelbestrahlung nach Methode I (HF 6x13cm)

PAA	10 cm	8 cm	6 cm	Oberflächenbelastung
Körpergerechtes Phantom	37 %	39 %	32 %	
Idealphantom	39 %	38 %	33 %	

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Hautbelastung muß berücksichtigt werden, daß die Meßkammern nur im Dosismaximum im optimalen Meßbereich von 200 - 400 R bestrahlt wurden, die Kammern an der Phantomoberfläche aber in dem ungünstigen Bereich von 10 - 150 R, wodurch Meßfehler entstehen können. Die Anordnung der Meßkammern in halboffenen Bohrlöchern ist sicher keine ideale Lösung, aber besser als ein Aufkleben der Meßkammern auf die Oberfläche, wodurch wesentlich niedrigere Meßwerte zustande kommen (HARTWIG (30)). Der Faktor für Plexiglas (im Vergleich zu Wasser) bleibt unberücksichtigt. Außerdem stehen die Meßkammern beim körpergerechten Phantom etwa 26 mm, beim Idealphantom etwa 30 mm weit auseinander.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß das kleinere Idealphantom keine oder nur eine geringfügig höhere Oberflächenbelastung aufweist als das wesentlich größere körpergerechte Phantom. Damit ist auch die Hautbelastung bei Patientinnen mit unterschiedlichem Körperumfang praktisch gleich. Die relativ niedrige durchschnittliche Belastung der Haut bestätigt die klinische Erfahrung, daß diese Methode der Bewegungsbestrahlung auch bei schon durch Röntgenvorbestrahlung stark belasteter Haut (Unterhautfibrosen) angewendet werden kann.

E) Wahl der optimalen Feldlänge

Das kleine Becken ist ein dreidimensionaler Raum, der eine Überprüfung der Dosisverteilung in allen drei Ebenen erfordert. Die anatomischen Verhältnisse in allen drei Ebenen zeigt Abb. 4, Seite 17.

a) Horizontalschnitt des kleinen Beckens

Der Horizontalschnitt wurde in Höhe der Cervix uteri parallel zu der horizontalen Auflagefläche bei der liegenden Patientin geführt. Die verwendeten Herdfeldlängen sind 12 cm, 15 cm und 18 cm, was den an der Blendenskala einstellbaren Normfeldlängen 3 cm, 11,5 cm und 14 cm (voll aufgedreht) entspricht. Die folgenden Abb. 37 - 39 zeigen die Dosisverteilung unter diesen verschiedenen Herdfeldlängen. Man erkennt, daß bereits ein HF von 6 x 12 cm einen großen Teil der sog. Beckenhöhle in Längsrichtung des Körpers mit der 70 %-Isodose ausstrahlt, ein HF von 6 x 15 cm mit der 70 %-Isodose die gesamte Beckenhöhle erfaßt. Ein HF von 6 x 18 cm geht bereits über die Beckenhöhle hinaus. Ob es sinnvoll ist, die HF-Länge auf 18 cm auszudehnen, kann besser am Sagittalschnitt untersucht werden.

b) Sagittalschnitt des kleinen Beckens

Man muß berücksichtigen, daß bei exzentrischer Pendelbestrahlung nach Methode IA das Dosismaximum 5 - 6 cm exzentrisch liegt, bei Methode IC dagegen in der Beckenmitte. Auf der folgenden Abb. 40 wurde die Dosisverteilung bei Methode IA auf einem Sagittalschnitt untersucht, der 6 cm exzentrisch liegt. Isodosenkurven und dargestellte Anatomie liegen also in zwei verschiedenen Ebenen, die aufeinander projiziert wurden. Das Dosismaximum liegt in Höhe der Cervix uteri, die 90 %-Isodose projiziert sich auf einen großen Teil des Uterus und die obere Vaginalhälfte, die 70 %-Isodose überdeckt den größten Teil des kleinen Beckens. Wenn man das Feld 2 cm kranialwärts

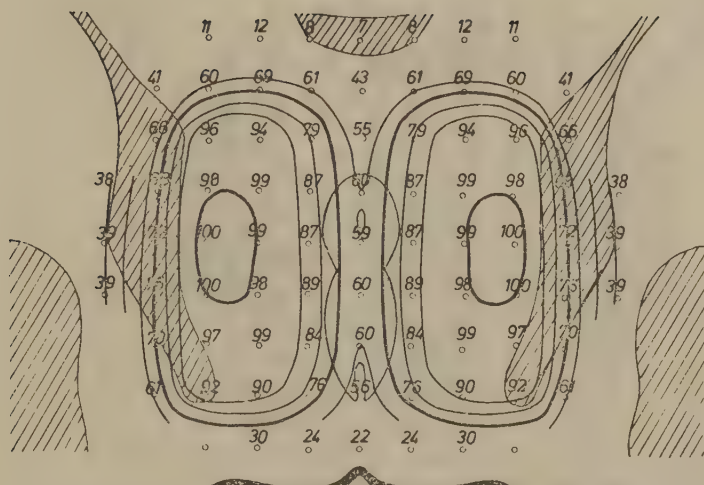


Abb. 37: Dosisverteilung im Horizontalschnitt bei Methode IA: PR 65 cm, HF 6x12cm

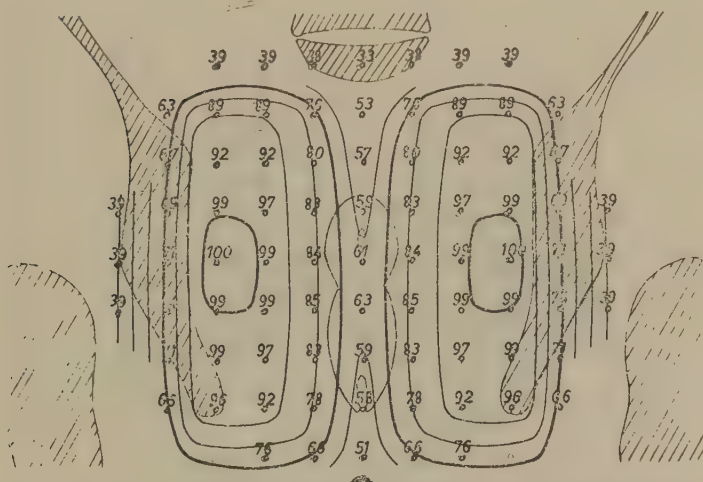


Abb. 38: Dosisverteilung im Horizontalschnitt bei Methode IA: PR 65 cm, HF 6x15cm

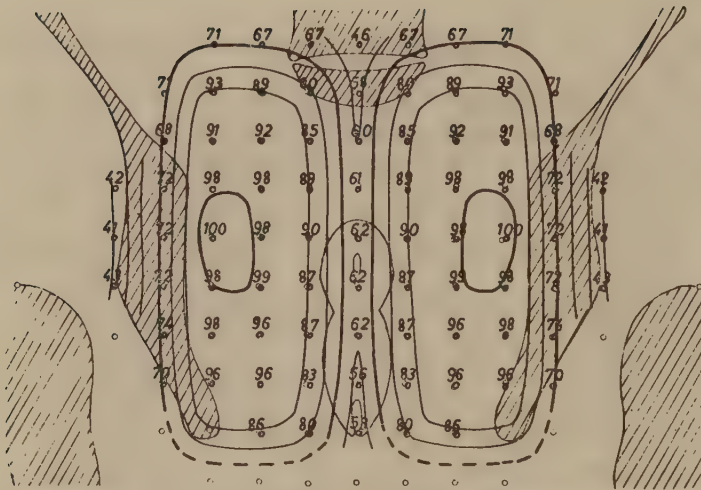


Abb. 39: Dosisverteilung im Horizontalschnitt bei Methode IA: PR 65 cm, HF 6x18cm

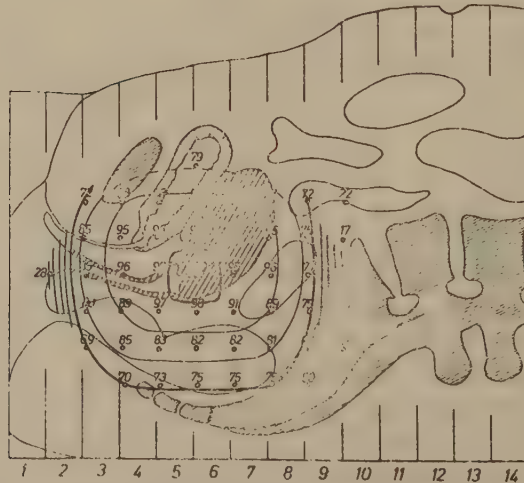
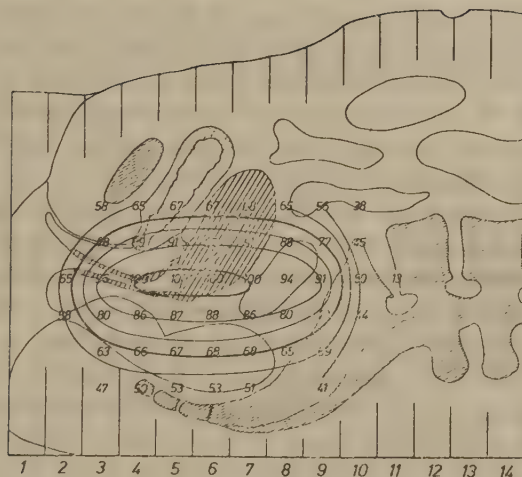


Abb. 40: Dosisverteilung im Sagittalschnitt 6 cm exzentrisch bei Methode IA: PR 65 cm, HF 6x12cm



verschiebt, dann reicht die 70 %-Isodose sogar bis ans Parametrium. Außerhalb davon liegt nur die Basis der Beckenhöhle. Mit einer Vergrößerung des Herdfeldes auf 6 x 15 cm läßt sich somit vom Scheidenende bis zum Parametrium fast das ganze kleine Becken außer der Basis der Beckenhöhle mit mindestens 70 % der Maximaldosis bestrahlen. Da wir aber diese Methode nur bei Anfangsstadien des Kollumkarzinoms I und II ohne tastbare Lymphknoten anwenden, ist meist auch keine größere HF-Länge als 12 - 15 cm erforderlich. Bei größerer Karzinomausdehnung ist Methode II vorzuziehen. Bei Methode IC liegt das Dosismaximum in Beckenmitte, in diesem Fall liegen also Isodosen und gezeichnete Anatomie in der medianen Sagittalebene. Da diese Methode für die alleinige Telekobaltpendelbestrahlung des Kollumkarzinoms und Vaginalkarzinoms oder in Kombination mit geringen intravaginalen Radiummengen (bis 2000 mgeh) angewendet wird, wurde in Ergänzung zur Abb. 40 die Herdfeldlänge 15 und 18 cm im Sagittalschnitt untersucht. Die Abb. 41 und 42 zeigen eine in der Beckenlängsachse relativ schmale Ausdehnung der Isodosen. Bei HF 15 cm kommt die gesamte Vagina, die Cervix und die ganze Beckenmitte bis zum Parametrium in den Bereich der 70 %-Isodose, die Längsachse des kleinen Beckens wird also in ganzer Länge bestrahlt. Bei Verlängerung des HF auf 18 cm reicht die 90 %-Isodose vom Scheideneingang bis fast zum Promontorium. Die Kreuzbeinhöhle liegt bei Methode IC immer außerhalb der 70 %-Isodose. Man muß dabei berücksichtigen, daß die Isodose lateral eine etwas größere Ausdehnung in anterior-posteriorer Richtung hat als in der Beckenmitte. Diese Methode IC eignet sich also vorwiegend bei Kollum- und Vaginalkarzinom mit Ausdehnung auf die horizontalen Anteile des Parametriums. Bei Befall der Ligg. sacroute-rine und/oder der sacralen Lymphknoten ist auch bei hoher Dosisbelastung keine genügende Bestrahlung gewährleistet.

F) Bestrahlung der Lymphknotenstationen im kleinen Becken

Die wichtigsten Lymphknotenstationen des Kollumkarzinoms sind nach einer Übersicht von REIFFENSTUHL (59) dargestellt auf Tab. 5.

Tab. 5: Lokalisation der wichtigsten Lymphknotenmetastasen beim Kollumkarzinom (modifiziert nach REIFFENSTUHL)

Autor	Zahl der Fälle	Inn. hypogastri- ci	Inn. ili- aci ext.	Inn. ob- tura- tori	Inn. ili- aci comm.	Inn. glutei sup.	Inn. aortici
Gorton (1964)	97	10,3 %	13,8 %	52,8 %	13,8 %		
Way (Cherry et al. 1955)	91	7 %	47 %	20 %	14 %	7 %	10 %
Remotti (1962)	71	43,6 %	21,1 %			25,3 %	
Lange (1960)	56	42,3 %	20 %	37,7 %			
Reiffenstuhl	96	44,1 %	26,2 %	20,7 %	4,1 %	1,4 %	
Jävert (1954)	76	44,4 %	33,3 %	38,9 %		22,2 %	22,2 %
	477	31,9 %	26,9 %	34,0 %			
Henriksen (1954)	41 Au- topsie- fälle	36 %	39 %	39 %		44 %	

Es sind die Lnn. hypogastrici, iliaci externi und obturatorii, aber auch die Lnn. iliaci communes, glutei superiores und aortici. Die Lnn. glutei inferiores fehlen in dieser Aufstellung, weil sie dem Operateur nur schwer zugänglich sind. Diese Lymphknotengruppe ist nach GERTEIS (26) aber von besonderer Wichtigkeit im Metastasierungsgeschehen und wird deshalb mit aufgeführt. Mit Ausnahme der Lnn. aortici und des oberen Teiles der Lnn. iliaci communes liegen diese Lymphknotenstationen im kleinen Becken. Es ist also zu prüfen, ob die Lymphknoten des kleinen Beckens im Bereich der perkutanen Telekobaltpendelbestrahlung liegen und ob und wie auch die Lymphknoten außerhalb des kleinen Beckens bestrahlt werden können.

Leider gibt es in der Literatur keine vollständigen und anatomisch genauen Darstellungen der Lymphknoten des Beckens in der Horizontal- und Sagittalebene, die Universitäts-Frauenklinik Gießen hat trotz über 500 lymphographischen Untersuchungen in den Fällen von Anfärbungen der Lymphknoten im Versorgungsbereich der A. iliaca interna keine Röntgenaufnahmen in der Sagittalebene gemacht; auch an anderen Kliniken existieren keine Röntgenaufnahmen mit Darstellung aller Lymphknoten in den erforderlichen zwei Ebenen*. Es wurden daher aus der Monographie von GERTEIS (25) die halbschematischen Zeichnungen und die eigenen Isodosenkurven übereinanderkopiert. Es können nur die Lymphknotengruppen ausreichend bestrahlt werden, die in beiden Ebenen mindestens innerhalb der 80 %-Isodose liegen. Auf die mehr funktionelle Zuordnung der Lymphknoten, von GERTEIS und die rein topographisch-anatomische von REIFFENSTUHL (58, 59) kann hier nur hingewiesen werden.

*Herrn Professor GERTEIS, Chefarzt der Frauenklinik Krankenhaus Gerresheim/Düsseldorf und Herrn Prof. GREUM, Leiter der Röntgenabteilung der Univ.-Frauenklinik Jusseldorf möchte ich an dieser Stelle für ihre Bemühungen und Hilfe danken.



Abb. 43: Bestrahlung der Lymphknotenstationen im Horizontalschnitt nach Methode IA (HF 6x18cm)

- 1 Lnn.inguinales superficiales inferiores
- 2 Lnn.inguinales profundi
- 3 Lnn.iliaci externi mediales interni
- 4 Ln.anuli femoralis lateralis
- 5 Lnn.iliaci externi laterales
- 6 Lnn.iliaci externi mediales intermedii
- 7 Lnn.iliaci communes mediales
- 8 Ln.ilicacus communis lateralis profundus
- 9 Ln.promontorii
- 10 Lnn.iliaci communes laterales superficiales
- 11 Lnn.aortici
- 12 paraureteraler Lymphknoten
- 13 Lnn. subaortici
- 14 Lnn.sacrales laterales
- 15 Lnn.glutei superiores
- 16 Uterina-Ureter-LnSt. chen
- 17 Lnn.glutei inferiores
- 18 Lnn.inguinales superficiales superiores
- 19 Ln.obturatorius

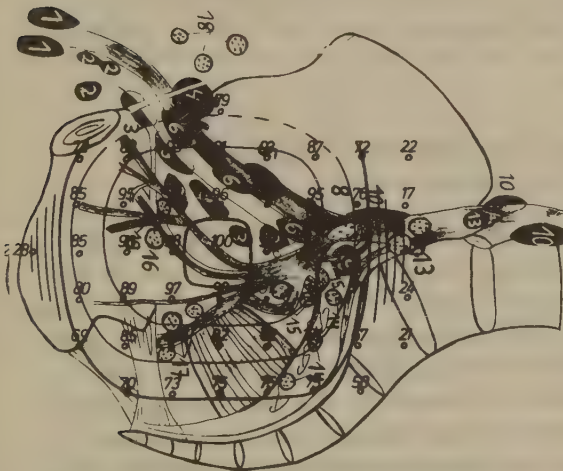


Abb. 44: Bestrahlung der Lymphknotenstationen im Sagittalschnitt nach Methode IA (HF 6x12cm)

Lymphknotenbezeichnungen nach der Nomenklatur von GERTEIS

GERTEIS zählt z.B. den größten Teil der Lnn. obturatorii und die Lnn. hypogastrici zu den Lnn. iliaci externi mediales interni. Die Abb. 43 zeigt Isodosenverlauf und Lymphknoten im Horizontalschnitt, die Abb. 44 im Sagittalschnitt. Die Abb. zeigen, daß bei entsprechender Wahl der Herdfeldlänge fast alle dargestellten Lymphknotengruppen des kleinen Beckens mit Ausnahme der Lnn. promontorii und eines Teils der Lnn. iliaci externi laterales im Bereich der 80 %-Isodose liegen. Wenn man die Ligg. sacrouterina bis zum os sacrum bestrahlen will, das Feld also in sagittaler Ebene tiefer verlagert, wird ein größerer Teil der Lnn. iliaci externi nicht mehr bestrahlt, dafür liegen sämtliche Lnn. glutei inferiores im Bestrahlungsfeld. Methode IA findet also durch die Ausdehnung des metastatischen Geschehens in der Sagittalebene in anterior-posteriore Richtung eine Grenze. Auch in der Horizontalebene kann nur der periphere Teil der Lnn. iliaci communes ausreichend bestrahlt werden.

2. Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung mit
Pendelwinkel 210° und Ausschaltwinkel 70° ($50^{\circ} - 120^{\circ}$):
Methode II

A) Anpassung an verschiedene Radiumbelastungen durch
Variation des Pendelachsabstandes

Bei den orientierenden Versuchen zur Ermittlung einer günstigen Dosisverteilung hatte im Kapitel IVC ein PW von 210° mit einem AW von 70° ($50^{\circ} - 120^{\circ}$) bei PAA 10 cm einen sehr interessanten Isodosenverlauf im kleinen Becken ergeben (Abb. 23). Diese Bestrahlungsbedingungen werden im folgenden Text Methode IIA genannt. Sie hat einige Besonderheiten: Dosismaximum an der Beckenwand, die gesamte seitliche Beckenwand in anterior-posteriore Richtung im Bereich der 90 %-Isodose und sehr steiler Dosisabfall zur Beckenmitte und zum Oberschenkelkopf. Die 80 %-Isodose und

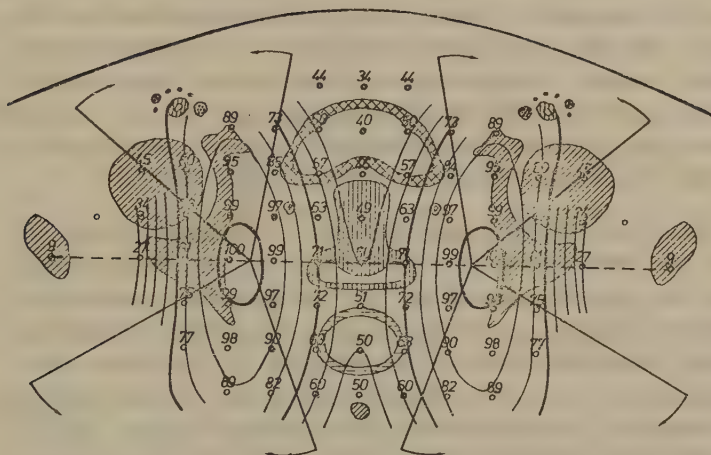


Abb. 23: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung Methode IIA: HF 6x13cm, PR 65 cm, PAA 10 cm, PW 210°, AW 70° (50° - 120°)
(Wählg.)

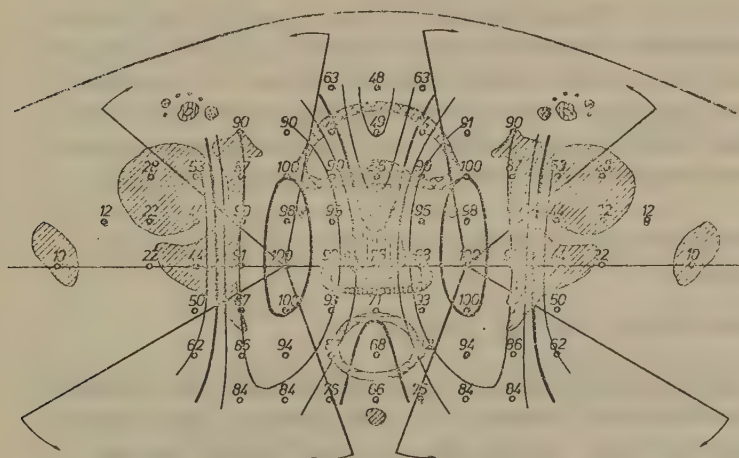


Abb. 45: Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung Methode IIB: HF 6x13cm, PR 65 cm, PAA 8 cm, PW 210°, AW 70° (50° - 120°)

die 70 %-Isodose reichen in anterior-posteriorer Richtung über die Meßpunkte hinaus. Die Oberflächenbelastung (Abb. 51) zeigt, daß die 70 %-Isodose bis fast an die Phantomboberfläche reicht. In den weiteren Ausführungen kann gezeigt werden, daß diese Bestrahlungsbedingungen nahezu in idealer Weise eine volle Radiumbestrahlung ergänzen und die Topographie des kleinen Beckens optimal ausnutzen.

Bei PAA 8 cm, im folgenden Methode IIB genannt. (Abb. 45), wird die Beckenmitte mit 76 % belastet, das Dosismaximum rückt von der Beckenwand ab und das gesamte Parametrium liegt im Bereich der 90 %-Isodose. Der steile Dosisabfall beginnt unmittelbar an der Beckenwand, es ist also eine ganz genaue Feld- und Achseinstellung zur Körperlängsachse erforderlich, wenn nicht an der Beckenwand einer Seite Unterdosierungen auftreten sollen. Diese Methode gewährleistet eine genügende Bestrahlung des ganzen kleinen Beckens, wenn intrazervikal oder intravaginal nur eine relativ geringe Radiummenge appliziert werden kann.

Eine weitere Verkürzung des PAA auf 6 cm ist bei diesen Bestrahlungsbedingungen nicht sinnvoll, da sich dann die Isodosen zu einem langgestreckten Maximum in anterior-posteriorer Richtung addieren und besonders Blase und Rektum belasten, während die seitlichen Parametrien und die Beckenwand nicht mehr genügend bestrahlt werden.

B) Dosisverteilung bei kombinierter Radium-Telekobaltbestrahlung

a) Radiumträger zentral gelegen

Für den Fall eines bds. bis zur Beckenwand infiltrierten Kollumkarzinoms (Stadium III) mit Uterus in der Beckenlängsachse wurde in der Abb. 46 eine Bestrahlung mit 4000 mgeh Radium und 4500 R HD nach Methode IIA vorgesehen. Die Summenkurve zeigt an der Beckenwand eine Dosis von 5400 γ R mit einem steilen Anstieg bis 10500 γ R in 2 cm

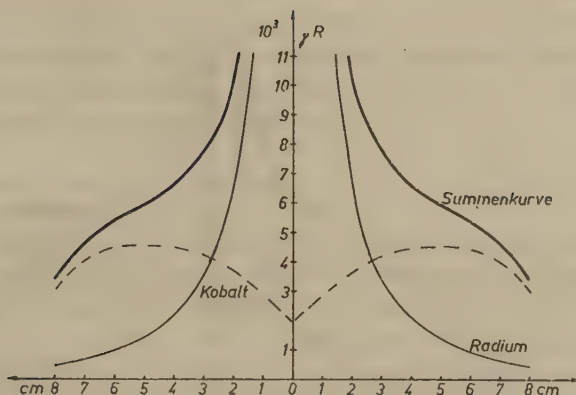


Abb. 46: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgeh Radium zentral, 4500 R HD nach Methode IIA

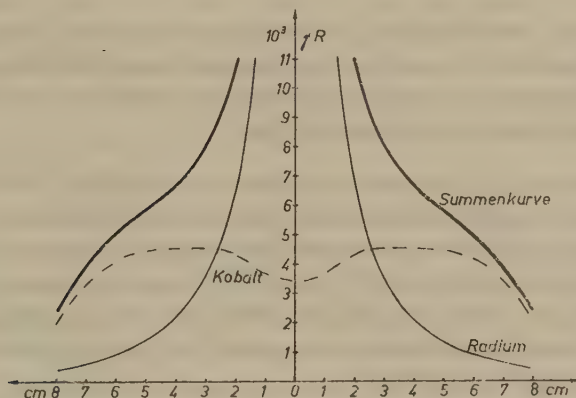


Abb. 47: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgeh Radium zentral, 4500 R HD nach Methode IIB

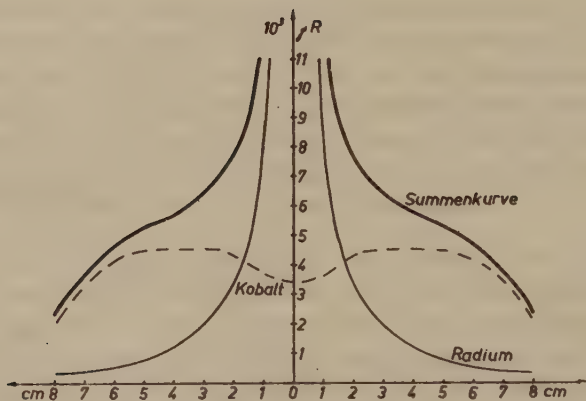


Abb. 48: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 2000 mgeh Radium zentral, 4500 R HD nach Methode IIA

Abstand vom Zentrum. Es kann ohne weiteres sowohl die Radiumdosis als auch die Telekobaltdosis erhöht werden, je nachdem ob die Cervix oder die seitliche Beckenwand höher bestrahlt werden sollen.

Wenn man die Beckenmitte unter Beibehaltung der Radiumdosis von 4000 mgeh höher belasten und dafür die seitliche Beckenwand entsprechend weniger belasten will, wählt man Methode IIB (Abb. 47). Die Beckenwand erhält dann noch 5000 γ R und der Punkt A 11000 γ R. Die Beckenmitte wird hierdurch also schon bis an die obere Grenze der Toleranz belastet.

Wenn der Zervikalkanal nicht sondierbar ist und das Radium nur intravaginal vor die Portio gelegt werden kann, dann muß die Radiumdosis niedriger sein als bei intrazervikaler Einlage, außerdem muß die Telekobaltdosis entsprechend hoch dosiert werden. Wir haben für diesen Fall 2000 mgeh Radium und 4500 R HD biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung nach Methode IIB (Abb. 48) vorgesehen. Dabei erhält die

Beckenwand 4700 γ R und Punkt A 7800 γ R. Die Dosis an der Beckenwand ist etwas niedrig, kann aber durch Erhöhung der Kobaltdosis von 4500 auf 5000 R HD bereits auf über 5100 γ R erhöht werden.

b) Radiumträger 2 cm exzentrisch

Für den Fall der sehr erheblichen Lageabweichung des Uterus um 2 cm nach lateral bei voller intrazervikaler Radiumdosis wurden 4000 mgm Radium und 4500 R HD nach Methode IIA gewählt (Abb. 49). Die Summenkurve zeigt auf der Seite des Radiumträgers in 6 cm an der Beckenwand 6500 γ R, 2 cm weiter nach medial 11000 γ R. Auf der anderen Seite entsteht aber keine Unterdosierung. Die Beckenwand in 6 cm Entfernung von der Mitte erhält immer noch eine Gesamtdosis von 4900 γ R. Wenn man bei gleicher Dosierung von 4000 mgm Radium 4500 R HD nach Methode IIB einstrahlt (Abb. 50), dann beträgt die Gesamtdosis an der Beckenwand auf der Seite des Radiumträgers 6300 γ R, in 4 cm Abstand von der Beckenmitte unverändert 11000 γ R, aber auf der anderen Seite in 6 cm Abstand an der Beckenwand nur 4500 γ R, die man auf dieser Seite leicht um etwa 500 R erhöhen kann.

Die beiden zuletzt geschilderten Bestrahlungsbedingungen gestatten also auch bei Exzentrizität des Radiumträgers von 2 cm eine ausreichende Bestrahlung des Parametrium der Gegenseite bis zur Beckenwand. bei Methode IIA kann biaxial die gleiche Dosis eingestrahlt werden, bei Methode IIB muß einseitig die Telekobaltdosis um etwa 500 R HD erhöht werden.

Zusammenfassung: Die biaxiale bisegmentale Telekobaltpunktelbestrahlung nach Methode IIA gestattet in Verbindung mit einer vollen Radiumdosis sowohl bei zentraler wie auch bei erheblicher exzentrischer Lage des Uterus als Radiumträger in der Querschnittsebene des kleinen

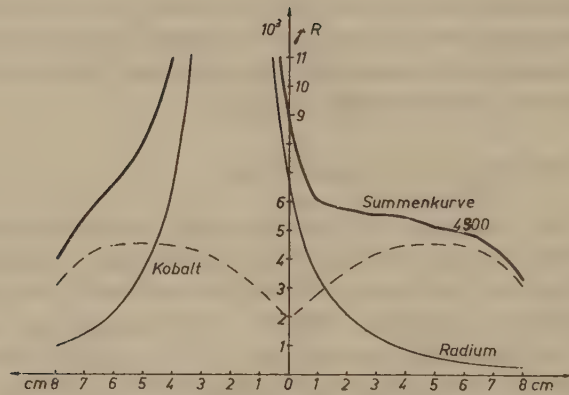


Abb. 49: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgeh Radium 2 cm exzentrisch, 4500 R HD nach Methode IIA

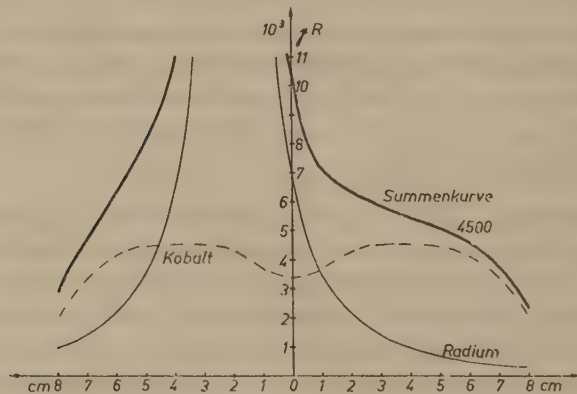


Abb. 50: Dosiskurven in der Pendelachsebene bei kombinierter Radium-Telekobaltpendelbestrahlung: 4000 mgeh Radium 2 cm exzentrisch, 4500 R HD nach Methode IIB

Beckens eine volle Ausstrahlung der gesamten seitlichen Beckenwand ohne die Gefahr einer Unterdosierung. Da die gesamte seitliche Beckenwand und die seitlichen Anteile der Parametrien im Bereich der 90 %-Isodose der Kobaltstrahlung liegen, eignet sich diese Bestrahlungsmethode vor allem für ausgedehnte Kollumkarzinome des Stadium III, wenn beide Parametrien bis zur Beckenwand knotig infiltriert sind und die Infiltrate der Beckenwand breitbasig aufsitzen. Auch die Ligg. sacrouterina liegen noch im Bereich der 70 %-Isodose. Wenn keine intrazervikale Radiumeinlage möglich ist, kann die geringere intravaginale Radiumeinlage vor die Portio durch Methode IIB und Erhöhung der mit Telekobalt eingestrahlten Dosis auf etwa 5000 R HD ohne weiteres kompensiert werden. Diese Bestrahlungsmethoden sind daher bei fortgeschrittenem Kollumkarzinom, das sich noch auf das kleine Becken beschränkt, anwendbar.

C) Einfluß der Körperform auf die Dosisverteilung im kleinen Becken

Der Isodosenverlauf bei Methode IIA im Frontalschnitt des körpergerechten Phantoms ist auf Abb. 23, Seite 54 dargestellt. Auf die Darstellung der Isodosenkurven im Idealphantom wird verzichtet und wieder, wie bei Methode I, die in der Verbindungslinie beider Pendelachsen gemessenen Dosiswerte in % von der Maximaldosis für beide Phantome angegeben (Tab. 6).

Tab. 6: Dosisverteilung in der Verbindungslinie beider Pendelachsen beim körpergerechten Phantom und Idealphantom bei biaxialer bisegmentaler Telekobaltpendelbestrahlung nach Methode IIA (HF 6x13cm)

	0 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm
Körpergerechtes Phantom	50%	77%	99%	100%	81%
Idealphantom	45%	73%	98%	100%	78%

Der maximale Unterschied in Beckenmitte ist also 5%. Auch bei Methode IIA bewirken die beiden unterschiedlichen Körperformen und -umfänge keine wesentliche Änderung der Dosisverteilung.

D) Hautbelastung

Die Hautbelastung bei Methode II muß aus dem Grund überprüft werden, weil durch den großen AW fast stehfeldähnliche Bedingungen bestehen, die eine höhere Hautbelastung in den beiden Bestrahlungssegmenten erwarten lassen.

Beim körpergerechten Phantom liegt die maximale Oberflächenbelastung der Methode IIA (Abb. 51 oben) mit 68% im vorderen und hinteren Bestrahlungssegment gleich hoch, bei Methode IIB wird die Vorderseite mit 75% die Rückseite mit 70% belastet. Die Phantommitte erhält vorn bei Methode IIA 27%, hinten 52% und bei Methode IIB (Abb. 51 unten) vorn 36% und hinten 65% der Maximaldosis. Im Bereich des AW fällt die Oberflächenbelastung auf kaum noch meßbare Werte weit unter 10% ab.

Für das kleine Idealphantom (Abb. 51 mitte) wurden die Messungen nur bei Methode IIA ausgeführt. Die maximale Oberflächenbelastung beträgt 72% im vorderen und 68% im hinteren Bestrahlungssegment, die Phantommitte erhält vorn 33%, hinten 46% der Maximaldosis.

Auch für die Methode II wurde in der Tab. 7 die mittlere Oberflächenbelastung berechnet. Sie beträgt 36-41%. Für die Interpretation der Meßergebnisse gelten dieselben Vorbehalte, die bereits bei Methode I, Seite 51 angeführt wurden. Insgesamt kann gesagt werden, daß die maximale Hautbelastung 75% der Maximaldosis nicht überschreitet, womit diese Bestrahlungsmethode hinsichtlich der Belastung der Einfallsfelder weit günstiger ist als eine Stehfeldbestrahlung nach der Gegenfeldmethode.

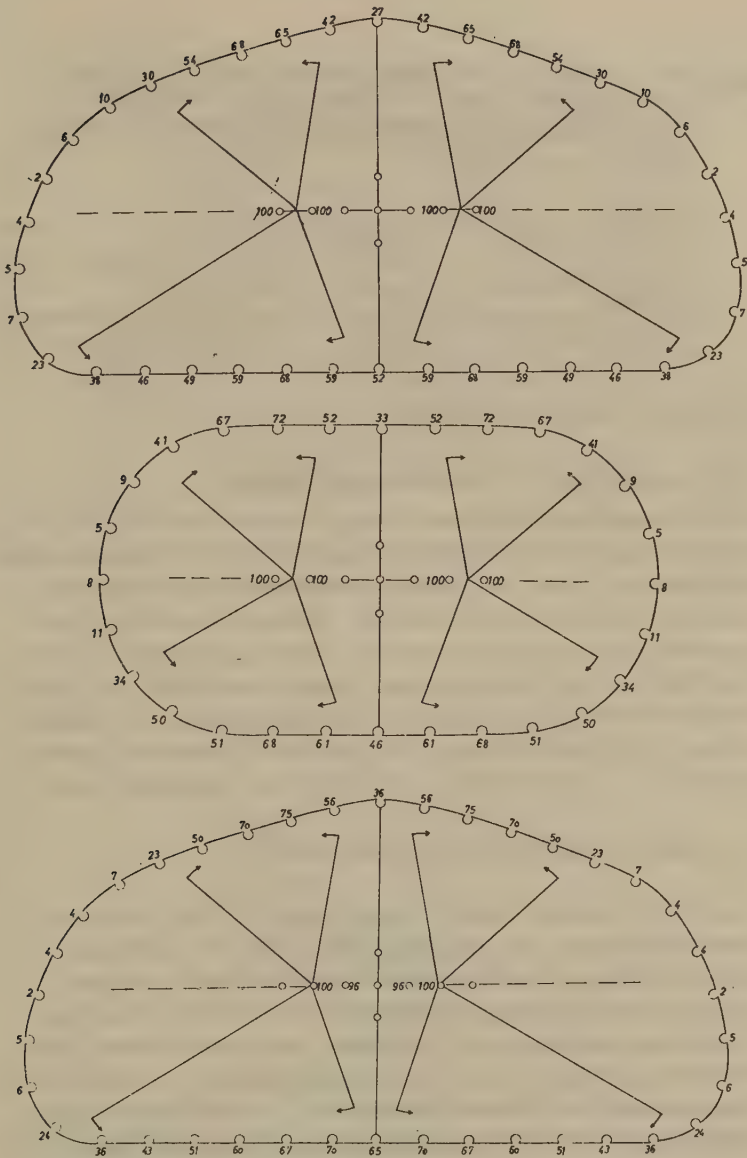


Abb. 51: Oberflächenbelastung bei Methode II
 oben: Methode IIA am körpergerechten Phantom
 mitte: Methode IIA am Idealphantom
 unten: Methode IIB am körpergerechten Phantom

Tab. 7: Durchschnittliche Oberflächenbelastung beim körpergerechten Phantom (38 Meßpunkte) und beim Idealphantom (28 Meßpunkte) bei biaxialer bisegmentaler Telekobaltpendelbestrahlung nach Methode II (HF 6x13 - 6x15cm)

PAA	10 cm	8 cm	
Körpergerechtes Phantom	36%	37%	Oberflächenbelastung
Idealphantom	41%	---	

E) Wahl der optimalen Feldlänge

a) Horizontalschnitt des kleinen Beckens

Im Horizontalschnitt des kleinen Beckens wurde der Isodosenverlauf der Methode IIA bei HF -Länge 13cm (NF 11cm) dargestellt (Abb. 52). Das Dosismaximum liegt unmittelbar an der Beckenwand, die 90% -Isodose überdeckt den größten Teil der Beckenwand und die 70% -Isodose reicht bis fast an das Promontorium. Diese Feldlänge von 13cm reicht für einen Teil der Bestrahlungsfälle mit parametraner Infiltration aus, bei größerer Ausdehnung kann HF 6 x 15 cm oder selten 6 x 18 cm erforderlich sein.

b) Sagittalschnitt des kleinen Beckens

Hier muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß die Dosisverteilung der folgenden Abb. 53 - 55 auf einer Sagittalebene 6 cm von der Medianen entfernt in der Nähe des Dosismaximums ermittelt und dann auf die Anatomie der medianen Sagittalebene projiziert wurde. Untersucht wurden die drei Herdfeldlängen 12, 15 und 18cm entsprechend der Normfeldlänge 10, 12 und 14cm (voll aufgedreht). Bei 12cm Herdfeldlänge (Abb. 53) füllt die 90% -Isodose den größten Teil der Beckenhöhle in der Sagittalebene aus. Die Begrenzung der 80% -Isodose nach vorn und hinten ist mit den vorhandenen Meßpunkten nicht zu erfassen. Damit bestätigt sich auch in der

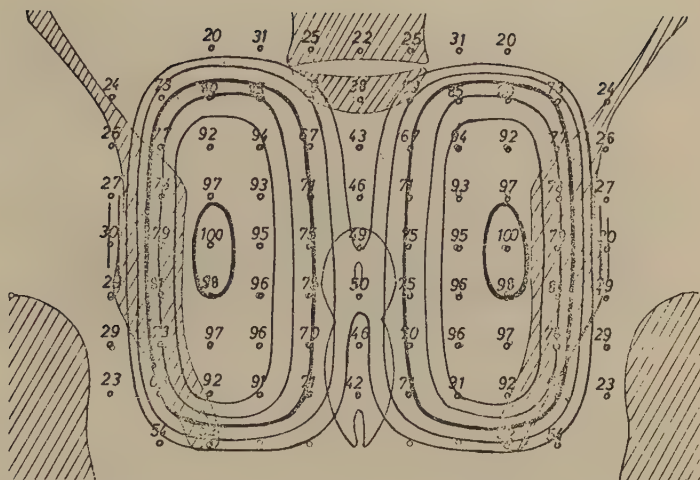


Abb. 52: Dosisverteilung im Horizontalschnitt bei Methode IIA: PR 65 cm, HF 6x13cm

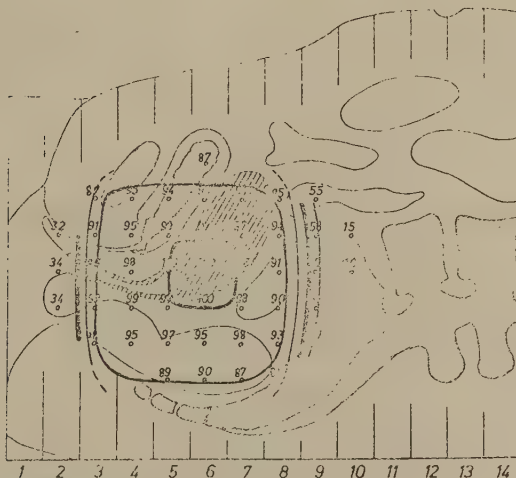


Abb. 53: Dosisverteilung im Sagittalschnitt 6cm exzentrisch bei Methode IIA: PR 65 cm, HF 6x12cm

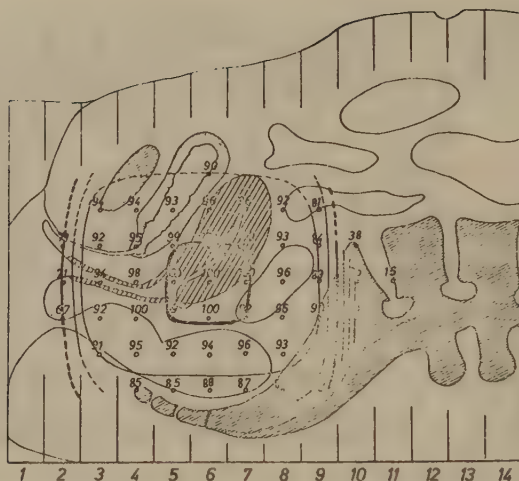


Abb. 54: Dosisverteilung im Sagittalschnitt 6cm exzentrisch bei Methode IIA: PR 65cm, HF 6x15cm

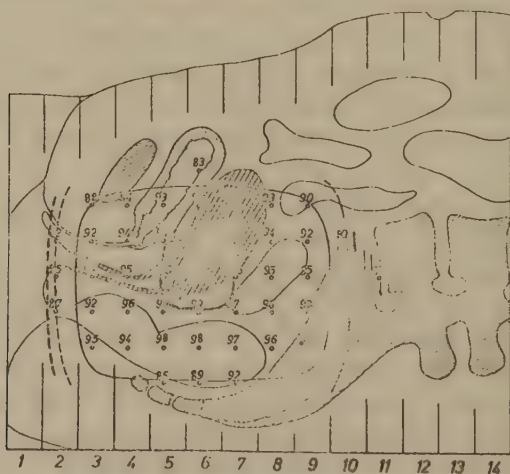


Abb. 55: Dosisverteilung im Sagittalschnitt 6cm exzentrisch bei Methode IIA: PR 65cm, HF 6x18cm

Sagittalebene die bereits im Frontalschnitt auf Abb. 23 erkennbare starke Ausziehung der 80% -Isodose über die Meßpunkte hinaus. Man darf daher annehmen, daß die gesamte seitliche Begrenzung der Beckenhöhle von vorn bis hinten innerhalb der 80% -Isodose liegt, da die 70%-Isodose die Oberfläche erreicht (Abb. 51). Bei Verlängerung des HF auf 15cm (Abb. 54) projiziert sich die 90% -Isodose vom unteren Scheidenende bis fast zum Promontorium, und wenn man die Blende in Längsrichtung ganz aufdreht bis zur HF-Länge 18cm (Abb. 55) dann überdeckt die 90% -Isodose die gesamte Beckenhöhle.

Zusammenfassung: Bei biaxialer bisegmentaler Telekobalt-pendelbestrahlung nach Methode IIA liegt das gesamte seitliche Parametrium sowohl in seinen anterioren, horizontalen wie auch posterioren Anteilen (Ligg. sacrouterina) innerhalb der 90% -Isodose, die 80% -Isodose reicht in der Sagittalebene vorn und hinten bereits über die Abgrenzungen der Beckenhöhle hinaus. Eine Länge des HF von 12-15cm dürfte in den meisten Fällen zur Bestrahlung ausgedehnter parametraner Infiltrationen beim Kollumkarzinom Gruppe III ausreichend sein, so daß die Feldlänge 18cm Sonderfällen vorbehalten bleibt.

F) Bestrahlung der Lymphknotenstationen im kleinen Becken

Die Abb. 56 zeigt die Projektion der Lymphknoten und Isodosen in der Horizontalebene, die Abb. 57 in der Sagittalebene. Bei einer Herdfeldlänge von 15cm liegen bei Methode IIA alle Lymphknoten des kleinen Beckens im Bereich der 80% -Isodose. Nur die Inn. sacrales laterales liegen im Bereich der 70% - 80% -Isodose, aber relativ nah zum radiumtragenden Uterus, so daß auch vom Radium noch eine gewisse Dosis dazu kommt. Entscheidend bei dieser Methode IIA ist, daß in der Sagittalebene alle Beckenwand-nahen Lymphknoten innerhalb der 90% -Isodose liegen und die

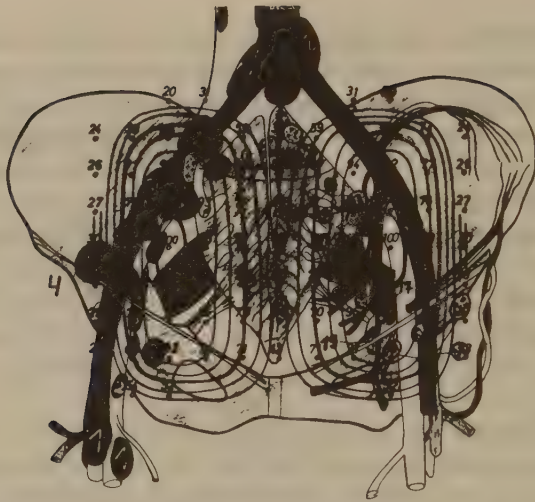


Abb. 56: Bestrahlung der Lymphknotenstationen im Horizontalschnitt nach Methode IIA (HF 6x13cm)

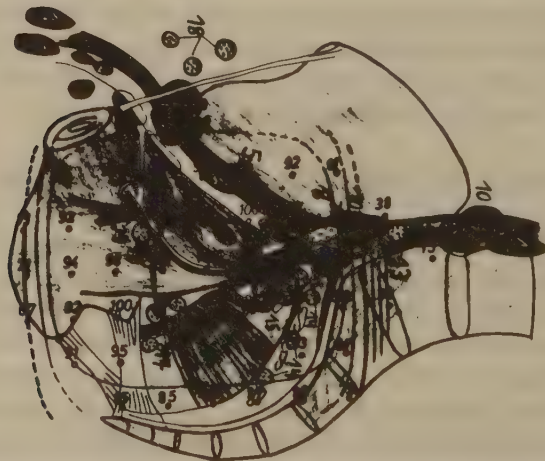


Abb. 57: Bestrahlung der Lymphknotenstationen im Sagittalschnitt nach Methode IIA (HF 6x15cm)

Lymphknotenbezeichnungen nach der Nomenklatur von GERTEIS
(Seite 59)

80% -Isodose vom tiefsten Punkt der Kreuzbeinhöhle bis etwa zum Leistenband reicht, wodurch sowohl die hinteren Anteile der Ligg. sacrouterina als auch die unteren Inn. iliaci externi ausreichend bestrahlt werden können. Diese Methode IIA der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung beseitigt damit den großen Nachteil der biaxialen Telekobaltpendelbestrahlung gegenüber Stehfeldmethoden: die ungenügende Belastung der präsakralen lateralen Bereiche bei Zusatzbestrahlung zu hochdosierten Radiumeinlagen (WEISHAAR et al. (84)).

G) Einfluß der Patientenlagerung auf die Dosisverteilung im kleinen Becken

Gelegentlich müssen bei alten Patientinnen mit Wirbelsäulenveränderungen auf dem Lagerungstisch die Knie durch einen Keil hochgestellt werden. Dadurch soll die Lendenlordose teilweise ausgeglichen und die Kippung des Os sacrum verringert werden.

Wir überprüften die Auswirkung der Kniehochlagerung an 8 Patientinnen, bei denen eine Lymphographie vorausgegangen war. Es wurden ausgewählt je zwei schlanke, zwei vollschlanke und vier sehr dicke Patientinnen (Tab.8). Sie wurden auf einer Schaumstoffunterlage auf dem Buckytisch einmal flach und einmal mit einem Keil von 25cm Höhe unter den Knien gelagert. Die Aufnahmen wurden von der Seite mit einem Fokus-Filmabstand von 150cm geschossen. Die Abb. 58 zeigt Becken und Lendenwirbelsäule bei flacher Lagerung, die Abb. 59 bei 25cm Kniehochlagerung bei derselben Patientin. Als Maß für die Veränderung von Lendenlordose und Beckenkippung wurde der von der Vorderkante der Lendenwirbelkörper 3 und 4 mit der Vorderkante des Os sacrum gebildete Winkel gemessen. Er vergrößerte sich im Durchschnitt nur von 109° auf 113° bei Kniehochlagerung.

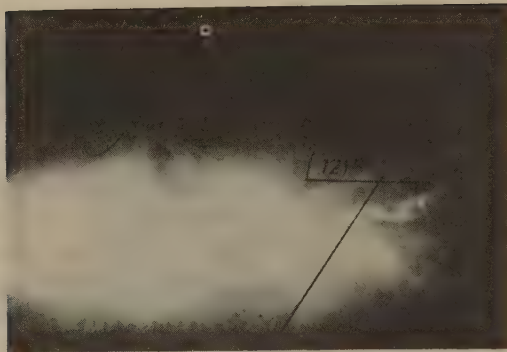


Abb. 58: Seitliche Röntgenaufnahme bei Flachlagerung



Abb. 59: Seitliche Röntgenaufnahme bei 25cm-Kniehochlagerung

Ebenso läßt sich der Abstand der Vorderkante des 4. Lendenwirbelkörpers vom Buckytisch nur von 12,8cm auf 12,2cm auf der Röntgenaufnahme verringern. Durch die Kniehochlagerung lassen sich also nur die Lnn. iliaci communes und unteren Lnn. aortici um wenige Millimeter nach hinten auf die Pendelachse zu bewegen. Es kann damit also weder eine bessere geometrische Dosisverteilung noch eine Verbesserung der Bestrahlung der Lymphabflußgebiete erreicht werden. Das bedeutet,

Tab. 8: Veränderungen von Lendenlordose und Abstand der Vorderkante L₄ von der Unterlage bei Flachlagerung und mit 25cm hohem Kniekeil. Schlanke Pat. oben, dicke Pat. unten.

Pat.	Gewicht in kg	Größe in cm	Lendenlordose-Winkel		Höhe v. L ₄ in cm	
			flach	mit Keil	flach	mit Keil
E.K.	45,4	152	105°	107°	11,9	11,5
M.R.	58,0	156	121°	123°	11,1	10,7
O.P.	52,5	152	105°	108°	13,5	13,0
G.D.	52,0	---	121°	127°	11,0	9,9
W.L.	86,0	156	103°	103°	13,3	12,4
A.A.	79,3	160	99°	105°	12,9	11,9
E.D.	106,0	155	118°	123°	14,5	14,2
W.G.	77,5	163	109°	108°	14,4	14,1
Mittelwerte			109°	113°	12,8	12,2

daß die flache Rückenlagerung der Patientin bereits optimal ist, daß aber eine Kniehochlagerung zur Vermeidung von Beschwerden die Dosisverteilung nicht ungünstig beeinflusst.

VI. Berechnung der Herddosis

1. Schwierigkeiten

Es gibt eine Reihe von Faktoren, die bei der Berechnung der durch Bewegungsbestrahlung eingestrahlten HD zusätzlich berücksichtigt werden müssen, verglichen mit einer einfachen Stehfeldbestrahlung nach der Gegenfeldmethode. Dazu gehören die Dosismaximalauswanderung bei Teilrotation (besonders Winkel $< 180^\circ$), die laufende Veränderung der momentanen Pendelachstiefe bei einem Pendelumlauf, der Zwang zur genauen Lokalisation der Pendelachse, die Unmöglichkeit einer direkten Dosismessung am Herd oder Berechnung der HD aus der gemessenen Hautdosis.

Das hat dazu geführt, daß viele Strahlentherapeuten die Stehfeldmethoden aus Furcht vor tatsächlichen oder vermeintlichen Problemen der Bewegungsbestrahlung bevorzugen. Die folgenden Ausführungen sollen zeigen, daß diese Furcht unbegründet ist, und daß man nach entsprechenden Vorarbeiten die HD bei biaxialer bisegmentaler Telekobaltpendelbestrahlung schnell ermitteln kann.

2. Allgemeines Vorgehen (nach 29)

Das Ziel ist die Ausarbeitung eines Diagramms, aus dem nach Messung des Pendelumfanges (PU = Weg des Zentralstrahldurchstoßpunktes auf der bestrahlten Oberfläche von Patientin und Lagerungstisch bei 1 Umlauf der Pendelung) in cm in Feldmitte an der liegenden Patientin direkt die Pendelachsdosis bei biaxialer Telekobaltpendelbestrahlung abgelesen werden kann. Als Beispiel wird der Berechnungsgang bei der Methode IIA: PW 210° , AW 70° ($50^\circ - 120^\circ$), PAA 10cm, HF 6x15cm (NF 4,5x12cm) gewählt. Bei diesen Bestrahlungsbedingungen wird am körpergerechten Phantom aus den momentanen Pendel-

achstiefen des PW (ohne AW) alle 10^0 eine mittlere Pendelachstiefe $\bar{X} = 12,4\text{cm}$ bestimmt, wobei der Lagerungstisch mit berücksichtigt ist. Dies geschieht in der Weise, daß zu allen momentanen Pendelachstiefen, deren Verlängerung durch den Tisch geht, die Tischdicke von 2cm hinzugezählt wird. Der PU beträgt 55cm, die Zeit für einen Pendelumlauf 44 sec. Dazu muß noch der Gegenachsfaktor GAF bestimmt werden. Alle anderen Werte ergeben sich aus der Dosisleistung der Telekobalteinheit und fertigen Tabellen oder Diagrammen.

A) Dosisleistung

Die Dosisleistung der Telekobalteinheit frei Luft in der Pendelachse bei PR 65cm und HF 10x10cm betrug am 15.11. 1972 118,74 R/min. (Tab. 3.3. - 2 Abhängigkeit der Pendelachsdosisleistung frei Luft von der Feldgröße von RÖDEL (65)).

B) Herdfeldumrechnungsfaktor

Da wir nicht ein quadratisches HF von 10x10cm haben, sondern ein rechteckiges Feld von 6x15cm, muß zunächst das äquivalente quadratische Feld aus der Tab. A2 der Central Axis Depth Dose Data (5) aufgesucht werden. Es ergibt sich ein äquivalentes quadratisches Feld von 8,5 x 8,5 cm. Für dieses Feld errechnet sich aus der obengenannten Tabelle von RÖDEL durch Interpolation der Freiluftwert für die Dosisleistung in der Pendelachse mit 117,6 R/min.

C) Gewebe-Luft-Faktor (tissue/air ratio)

Zu der mittleren Pendelachstiefe von $\bar{X} = 12,4\text{cm}$ und der Feldgröße 8,5 x 8,5cm gehört durch Interpolation in Tab. 6.5 der Central Axis Depth Dose Data ein Gewebe-Luft-Faktor von 0,6. Multipliziert man damit die Frei-Luft-Dosisleistung bei dieser Feldgröße, so erhält man

$117,6 \text{ R/min.} \times 0,6 = 70,56 \text{ R/min Dosisleistung}$
in Gewebe am Ort der Pendelachse.

D) Pendelumlauf - Dosisleistung

Aus der Dosisleistung in Gewebe ergibt sich bei Umrechnung auf 1 Pendelumlauf:

$$\frac{70,56 \text{ R} \cdot 44''}{60''} = 51,74 \text{ R/Umlauf}$$

Damit ist die Dosis in der Pendelachse der monaxialen Pendelung bei 1 Umlauf festgelegt.

E) Gegenachsfaktor

Bei biaxialer Pendelung ist der sog. Gegenachsfaktor (GAF) zu berücksichtigen, das ist der Faktor, der den Beitrag einer Pendelung um eine 2. Achse zur Dosis am Ort der 1. Achse liefert. Der GAF kann durch direkte Dosismessung bei einer monaxialen Pendelung am Phantom gemessen werden. Da die verwendeten Phantome aber Meßpunktabstände von 3cm (Alderson-Rando) oder 2cm (Plexiglasphantome) haben, ist z.B. eine direkte Messung in der Pendelachse bei PAA 10cm (= 5cm exentrisch) nicht möglich. Daher wurde zusammen mit RÖDEL der GAF film-densitometrisch bestimmt (Tab. 9). Bei linearer Schwärzungskurve entspricht die Schwärzung S_1 der Dosis D_1 in der Drehachse und S_2 der Dosis D_2 in der 2. Achse

$$\text{GAF} = \frac{D_1 + D_2}{D_1} \sim \frac{S_1 + S_2}{S_1} = \frac{1,49 + 0,19}{1,49} = 1,13$$

Mit diesem GAF muß die Dosis in der Pendelachse für 1 Umlauf multipliziert werden, um die Achsdosis bei biaxialer Pendelung zu erhalten:

$$51,74 \text{ R/Umlauf} \times 1,13 = 58,5 \text{ R/Umlauf um beide Achsen}$$

Damit ist für eine Patientin mit den Maßen des körpergerechten Flexiglasphantoms die Dosis in beiden Pendelachsen für je 1 Pendelumlauf auf beiden Seiten bestimmt.

F) Umrechnung auf ein anderes Quartal

Bisher wurde mit dem am 15. November 1972 gültigen Kobaltwert 189 R/min. gerechnet. Wenn man nun z.B. für das am 1. Januar 1973 beginnende nächste Quartal den Kobaltwert ausrechnen will, dann kann man den Zerfalls-koeffizienten für 3 Monate = 0,9676 für Kobalt aus einer Tabelle des Laboratoire de Métrologie de la Radioactivité (10) ablesen. Dann ist der neue Kobaltwert

$$189 \text{ R/min.} \cdot 0,9676 = 183 \text{ R/min.}$$

Die neue Dosis in der Pendelachse für 1 Umlauf um beide Achsen ist entsprechend

$$58,5 \text{ R/Umlauf} \cdot 0,9676 = 56,6 \text{ R/Umlauf}$$

3. Erstellung eines Diagramms

A) Ausführung

Für die Aufstellung eines Diagramms, aus dem man aus dem gemessenen PU direkt die Dosis pro Pendelumlauf in der Achse bei biaxialer Pendelung ablesen kann, benötigt man noch eine Korrektur für den PU, da der Tisch mit der Schaumstoffunterlage einen zu großen PU bedingt. Aus dem Diagramm von HAGEMANN-DU MESNIL auf Abb. 60 (29) kann man im rechten unteren Quadranten zu der am Phantom gemessenen mittleren Pendelachstiefe $\bar{X} = 12,4\text{cm}$ für einen Gesamtpendelwinkel von 210° einen PU von 45cm entnehmen. Im Vergleich zu dem gemessenen PU von 55cm ergibt sich eine Korrektur von -10cm.

Wenn man jetzt aus diesem Diagramm aus dem PU von 30cm bis 60cm über PW 210° und HF 8x8 und 9x9 (interpoliert) über die Zeit für 100 R in der Achse bei Kobaltwert

100 geht, kann man im linken unteren Quadranten diese Zeiten ablesen. Wenn man die erhaltenen Werte (X_1 , X_2 , X_3 ...) aus dem Diagramm von HAGEMANN-DU MESNIL für die monaxiale Pendelung nun auf die biaxiale Pendelung und die Dosisleistung $[R/Umlauf]$ umrechnen will, muß die Pendelumlaufzeit 44 '' und der Gegenachsfaktor 1,13 in die Rechnung eingehen.

Die nach der Gleichung:

$$\text{Dosis } [R/Umlauf] = \frac{113 \cdot 44''}{X}$$

ermittelten Werte sind auf dem Diagramm (Abb.62) auf der rechten Seite aufgetragen. Wenn man nun noch auf der linken Seite die sog. Kobaltgerade bei dem gültigen Kobaltwert 189 R/min. (15. Nov. 1972) aufträgt, kann man jetzt in diesem Diagramm aus dem PU in cm über die eingestellte Herdfeldlänge auf die Kobaltgerade gehen und liest dann darunter die Dosis $[R/Umlauf]$ ab. Lediglich die Kobaltgerade muß entsprechend dem gültigen Kobaltwert alle 3 Monate neu gezeichnet werden.

B) Weitere Diagramme

Der beschriebene Rechnungsgang gilt für die Methode IIA am körpergerechten Phantom. Wenn man nun bei derselben Methode den PAA auf 8cm verkürzt, dann erhöht sich die mittlere Pendelachstiefe $\bar{X}$ auf 12,7cm (Tab.10) und der GAF auf 1,18 (Tab. 9). Alle anderen Größen bleiben konstant oder können aus der bereits genannten Tab. oder Diagramm abgelesen werden. Das fertige Diagramm für PAA 10 und 8 cm zeigt Abb. 62.

In der gleichen Weise wurde auch für die Methode I PW 200°, AW 20° (80°-100°) für PAA 10, 8 und 6cm ein Diagramm (Abb.61) erstellt. Zu berücksichtigen ist dabei, daß bei PAA 6cm der Maximalwert nicht in der Pendelachse sondern durch Summation der beiden medial tanglierenden Herdfelder in der Beckenmitte liegt. Die Maximaldosis kann berechnet oder besser durch vaginale Dosismessung

mit Hilfe der Kondensatorkammern bestimmt werden.

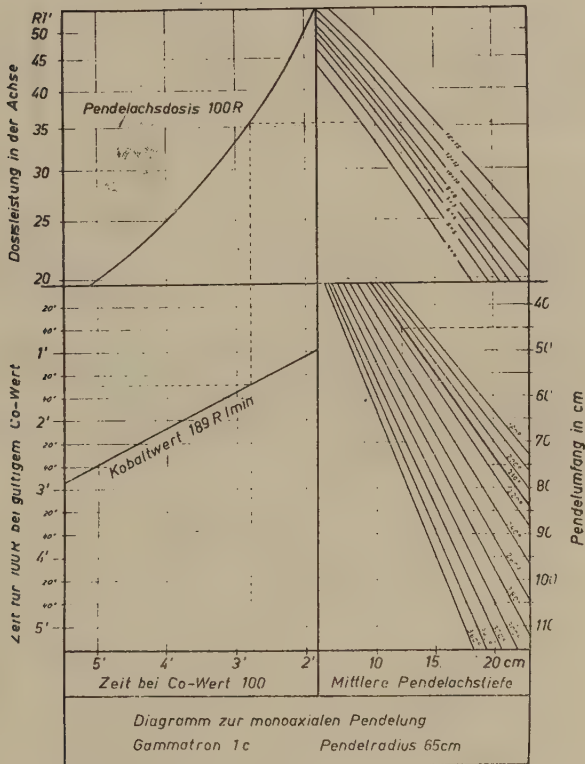


Abb. 60: Diagramm nach HAGEMANN - DU MESNIL

4. Rüstzeit

Die Rüstzeit ist diejenige Zeit, die nach Diagnosestellung und Wahl der Bestrahlungsmethode benötigt wird für die Feldeinstellung, Pendelachs-Lagekorrektur und Dosisberechnung bis zum Beginn der Bestrahlung. Diese gesamte Rüstzeit dauert an der UFK Giessen bei einer Patientin

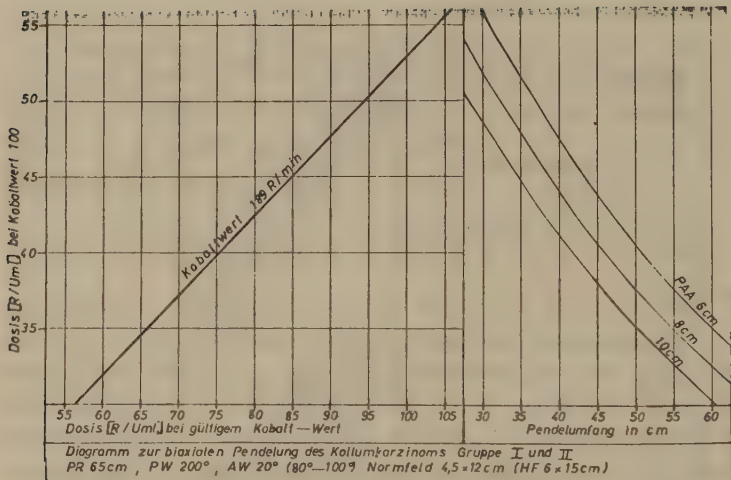


Abb. 61: Diagramm für Dosisberechnung bei Methode I

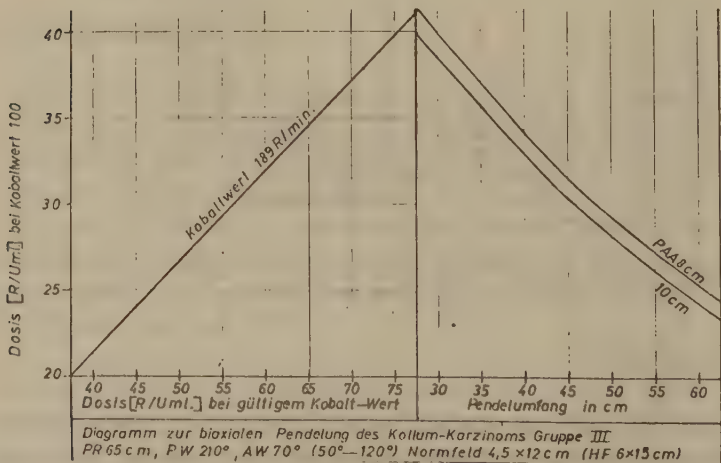


Abb. 62: Diagramm für Dosisberechnung bei Methode II

Tab. 9: Abhängigkeit des Gegenachsfaktors (GAF) vom PAA bei 2 Pendelmethode und 2 Phantomen (*Kammer-Messung)

Methode	PAA	Körpergerechtes Plexi-Phantom	Alderson-Rando Phantom	Gegenachsfaktor
I	10 cm	1,17	--	
	8 cm	1,25	--	
	6 cm	1,34	1,25*	
II	10 cm	1,13	--	
	8 cm	1,18	--	

Tab. 10: Abhängigkeit der mittleren Pendelachstiefe X vom PAA bei 2 Pendelmethode und 3 Phantomen.

Methode	PAA	Körpergerechtes Plexi-Phantom	Plexiglas Idealphantom	Alderson-Rando-Phantom	mittlere Pendelachstiefe X in cm
I	10 cm	13,3	10,7	11,7	
	8 cm	13,7	11,1	12,2	
	6 cm	14,1	11,6	12,7	
II	10 cm	12,4	10,7	--	
	8 cm	12,7	11,0	--	

für den Arzt und eine Hilfsperson insgesamt nur 12 - 14 Minuten. Sie wird benötigt für folgende Vorbereitungen:

- 1) Einstellung des Gammatron Ic auf Pendelbestrahlung
- 2) Rückenlagerung der Patientin auf dem Bestrahlungstisch
- 3) Einlegen eines dicken Hegarstiftes intravaginal für die Zielaufnahme mit der Telekobalteinheit

- 4) Messung des PU in Herdfeldmitte durch einen Pendelumlauf bei eingeschaltetem Lichtvisier (abzüglich 8 - 10cm je nach Patientendicke)
- 5) Einstellung der beiden Herdfelder entsprechend dem PAA und Markierung auf der Haut der Patientin
- 6) Zielaufnahme mit der Telekobalteinheit bei 90° Horizontalstellung des Strahlerkopfes und Entwicklung des belichteten Filmes. Eventuelle Feldkorrektur
- 7) Rückfahren des Strahlerkopfes in die Pendelausgangsstellung
- 8) Dosisermittlung aus dem Diagramm. Bestrahlungsbeginn.

Damit hat die UTK Giessen wohl die kürzeste Rüstzeit, die überhaupt für eine biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung möglich ist. Vergleichbare Zeiten wurden von KUTTIG und STAAS (46) angegeben.

VII. Heilungsergebnisse

1. Überlebensraten seit Einführung der Telekobalt-Therapie

A) 5-Jahres-Überlebensraten

Die 5-Jahres-Überlebensraten wurden in Anlehnung an die neue Terminologie des Annual Report Vol. 15 (im Druck) gewählt, weil damit der Unterschied " lebend ohne Karzinom " und " lebend mit Karzinom " wegfällt.

Die Abb. 63 zeigt die Verlaufskurven der 1 - 5 Jahres-Überlebensraten der Jahre 1960 - 1965 und 1966 - 1967. Nach Einführung der Telekobalt-Therapie stieg die 5-Jahres-Überlebensrate von 51,4% auf 60,3% an

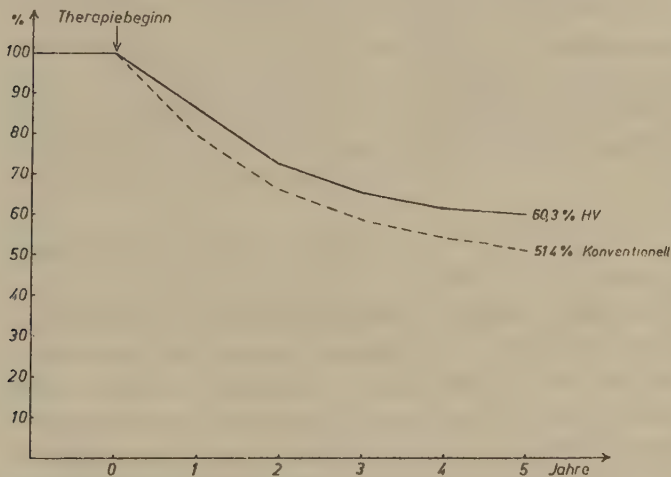


Abb. 63: Kollumkarzinom Stadium I - IV : 5-Jahres-Überlebenskurven an der UKF Gießen 1960 - 1965 vor und 1966 - 1967 nach Einführung der Hochvolttherapie

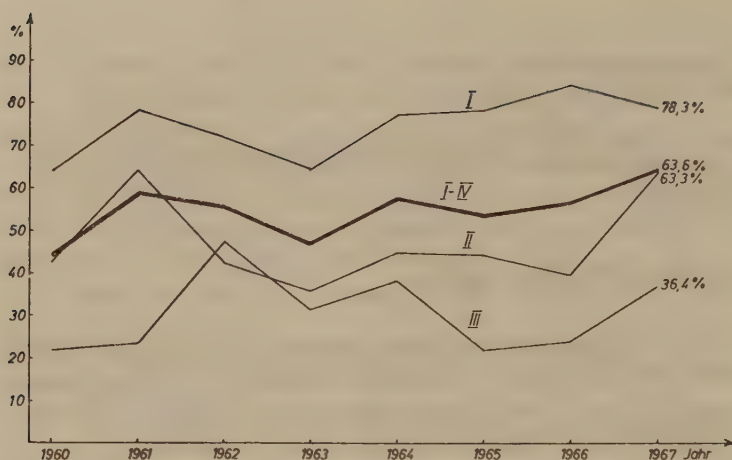


Abb. 64: Kollumkarzinom Stadium I - IV: 5-Jahres-Überlebensraten an der UKF Gießen im Zeitraum 1960-1965

Tab. 11: Kollumkarzinom Stadium I - IV: 5-Jahres-Überlebensraten 1960-1965 vor Einführung und 1966-1967 nach Einführung der HV-Therapie an der UKF Gießen

Stadium	1960-1965 überlebend %	1966-1967 überlebend %
I	159 von 223 = 71,3 %	72 von 89 = 80,9 %
II	81 von 180 = 45,0 %	30 von 58 = 51,7 %
III	33 von 119 = 27,7 %	12 von 39 = 30,8 %
IV	0 von 9 = 0,0 %	0 von 3 = 0,0 %
I - IV	273 von 531 = 51,4 %	114 von 189 = 60,3 %

Die 5-Jahres-Überlebensrate der einzelnen Jahrgänge und Stadien auf der Abb. 64 läßt die großen Schwankungen erkennen. Insgesamt wurden 1967 die bisher besten Ergebnisse erzielt. Ergänzend dazu zeigt die Tab. 11 den Vergleich der beiden Zeiträume 1960 - 1965 und 1966 - 1967. In allen Stadien ist ein Anstieg der Heilungsergebnisse zu erkennen, am stärksten im Stadium I und II, nur gering im Stadium III. Die Verbesserung der 5-Jahres-Überlebensraten ist mit dem χ^2 -Test nur für das Gesamtkollektiv der Stadien I - IV statistisch zu sichern ($p < 5\%$). Für die einzelnen Stadien kann die Differenz der Heilungsergebnisse wegen der noch geringen Fallzahl mit diesem Test statistisch nicht gesichert werden. Im Stadium III wirkt sich aus, daß 1966 - 1967 die Patientinnen noch konventionell bestrahlt wurden. Erst Mitte des Jahres 1968 wurde die konventionelle Bestrahlung ganz eingestellt. Den Anteil der konventionellen Röntgenbestrahlung und der HV-Therapie an den Heilungsergebnissen und die Risikoverteilung zeigt die Tab. 12. Die Heilungsergebnisse der konventionellen Röntgentherapie übersteigen im Gefolge der HV-Therapie den Durchschnitt der Jahre 1960 - 1965 ("Huckepack"-Funktion der HV-Therapie).

B) 3-Jahres-Überlebensraten

Der Trend der Therapieergebnisse läßt sich an den 3-Jahres-Überlebensraten (Abb. 65) ablesen. Zwar steigt die absolute Lebensrate aller Stadien weiter an, überwiegend durch relative Zunahme und bessere Ergebnisse im Stadium I, doch zeigen Stadium II und III keinen ansteigenden Trend. Daraus folgt, daß die bis 1969 eingesetzten Therapiemaßnahmen im Stadium II und vor allem im Stadium III nicht die erwartete Verbesserung der Heilungsergebnisse bringen werden. Die Ursachen müssen noch diskutiert werden.

Tab. 12: Kollumkarzinom Stadium I - IV: Leistung und Risikoverteilung von HV- und konventioneller Röntgentherapie an der UKF Giessen 1966 - 1967, "Huckepack-Funktion" der HV-Therapie. (Operierte in Klammern).

Stadium	Therapie		5 Jahre überlebend		
I	nur op.	13	9	69,2 %	
	Ra - HV	24 (8)	20	83,3 %	
	Ra - R6	51 (29)	42	82,3 %	
	nur Ra	1	1	(100,0%)	
	zusammen	89	72	80,9 %	
II	Ra - HV	36 (1)	19	52,8 %	
	Ra - R6	22	11	50,0 %	
	zusammen	58	30	51,7 %	
III	Ra - HV	26	8	30,8 %	
	Ra - R6	13	4	30,8 %	
	zusammen	39	12	30,8 %	
IV	Ra - HV	1	0	0,0 %	
	Ra - R6	1	0	0,0 %	
	zusammen	2	0	0,0 %	
	Zahl	Alter	Größe	Gewicht	Diabetes
HV	37	56,7 J	160,6cm	74,6kg	5
R6	37	53,1 J	161,9cm	64,4kg	2

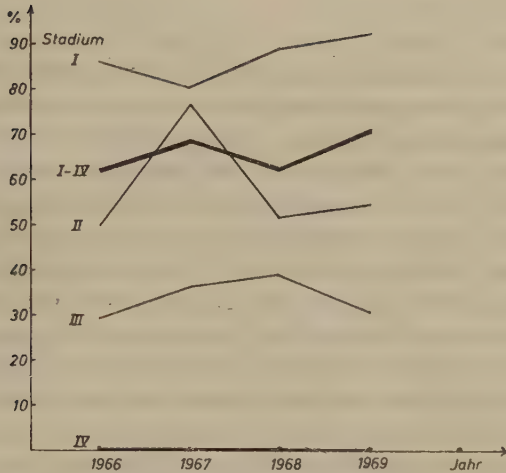


Abb. 65: Kollumkarzinom Stadium I-IV: 3-Jahres-Überlebensraten an der UFK Gießen im Zeitraum 1966-1969

Tab. 13: Kollumkarzinom Stadium I - IV: Fistelfrequenz in Abhängigkeit vom Erreichen der 5-Jahresgrenze. Vergleich der Jahrgänge 1960-1965 mit 1966-1967 nach Einführung der HV-Therapie (D = Darm, B = Blase, U = Ureter).

	Jahr	behandelt	D	B	U	D+B	Gesamt	%
5 Jahre überle- bend	1960- 1965	531	10	6	5	1	22	4,1%
	1966- 1967	189	2	2			4	2,1%
<5 Jahren verstor- ben	1960- 1965	531	19	11	4	1	35	6,6%
	1966- 1967	189	5	1		2	8	4,2%

C) Komplikationen

Eine neue Bestrahlungsmethode ist nur dann gut, wenn bessere Heilungsergebnisse nicht mit einer Zunahme der schweren Komplikationen erkaufte werden. Dazu gehören Ulzerationen, Strikturen von Ureter und Darm und Fisteln. Für den Vergleich der beiden Bestrahlungsmethoden wurden nur die Fisteln herangezogen, weil dieses Ergebnis zeitlich gut definiert ist, von Patientinnen und Ärzten beachtet wird und die Patientin meist wieder zur behandelnden Klinik führt. Bei der Beurteilung der Fistelfrequenz muß man noch unterscheiden, ob die Fisteln bei "geheilten" Patientinnen auftreten und damit eher der Therapie anzulasten sind, oder bei innerhalb der 5-Jahresgrenze verstorbenen Patientinnen, wobei häufig ein Weiterwachstum oder Rezidiv des Karzinoms vorliegt. Die Tab. 13 zeigt, daß sowohl die Fistelfrequenz bei den Überlebenden mit 2,1% gegenüber 4,1%, wie auch innerhalb 5 Jahren verstorbenen Patientinnen mit 4,2% gegenüber 6,6% deutlich zurückgegangen ist. Dennoch liegt die Fistelfrequenz von 2,1% bei den Überlebenden noch 10 x höher als in der I. UFK München in allen Stadien mit 0,2% (RIES und BREITNER (63)).

2. Operation oder Bestrahlung im Stadium I

Die Unterteilung des Stadium I in Ia (Infiltrationstiefe <5mm) und Ib (Infiltrationstiefe >5mm) wurde an der UFK Gießen erst seit Herbst 1966 vorgenommen und erst seit Ende 1967 auch die therapeutische Konsequenz gezogen: Im Stadium Ia statt Wertheim mit Lymphonodektomie nur noch einfache abdominale oder vaginale Totalexstirpation des Uterus mit oder ohne Adnexe, bei Inoperabilität nur 2 intrazervikale Radiumeinlagen mit insgesamt 4000 mgeh ohne zusätzliche Nachbestrahlung.

Im Stadium Ia haben bisher alle 35 Patientinnen, die bis 1969 behandelt wurden, überlebt, womit die eingeschränkte Therapie gerechtfertigt erscheint. Wir befinden uns damit in einem Gegensatz zu der radikalen operativen Einstellung der Wiener Schule (Husslein) die das Stadium Ia auf eine maximale Infiltrationstiefe von 3 mm und/oder 10 mm Oberflächenausdehnung begrenzt und generell für die Operation nach Wertheim mit Lymphonodektomie eintritt (34). Im Stadium Ib wurde etwa die Hälfte der Patientinnen primär bestrahlt, die andere nach Wertheim operiert mit oder ohne Radiumvorbestrahlung und/oder kombinierte Radium-Telekobalt/Röntgen-nachbestrahlung je nach dem Ergebnis der histologischen Untersuchung des Operationspräparates. Bei den 5-Jahresergebnissen auf Tab. 14 sind die Überlebensraten mit 78,4% bei den primär bestrahlten und 76,3% bei den operierten etwa gleich. Bei den 3-Jahresergebnissen auf der Tab. 15 sind die Überlebensraten mit 83,8% gegenüber 84,3% ebenfalls gleich, allerdings hat die Operationsfrequenz leicht abgenommen. Rein zahlenmäßig haben also beide Verfahren fast die gleichen Ergebnisse erzielt. Die beiden Kollektive unterscheiden sich aber hinsichtlich der Risikoverteilung, die durch Lebensalter und Körpergewicht gegeben ist. Die Tab. 16 vergleicht das operative Kollektiv mit dem primär bestrahlten und den aus 500 Pat. aller Stadien der UFK Giessen der Jahre 1957 - 1969 gewonnenen Durchschnittswerten nach Alter, Größe und Gewicht (VAHRSON (79)). Man erkennt die erheblichen Altersunterschiede und die Gewichtsunterschiede in beiden Kollektiven zu Gunsten der operierten Patientinnen, während die Größe nur wenig differiert. Dies läßt sich statistisch belegen, da sich erwartungsgemäß die Mittelwertsdifferenzen der Körpergrößen dieser Kollektive nicht sichern lassen, die durchschnittlichen Gewichte der Gruppen nicht eindeutig differieren, jedoch die Durchschnittsalter aller verglichenen Kollektive hoch signifikant ($\alpha < 0,01$) voneinander abweichen (t-Test).

Tab. 14: Kollumkarzinom Stadium I: 5-Jahres-Überlebens-
raten der Jahre 1966-1967 in Abhängigkeit von
der Therapie an der UFK Giessen

Stadium	Therapie	$\frac{\text{überlebend}}{\text{behandelt}} = \%$
Ia	14,3% bestrahlt 85,7% operiert	$\frac{14}{14} = 100\%$
Ib	49,3% nur bestrahlt	$\frac{29}{37} = 78,4\%$
	50,7% operiert ± Vor/Nachbestrahlung	$\frac{29}{38} = 76,3\%$
I		$\frac{72}{89} = 80,9\%$

Tab. 15: Kollumkarzinom Stadium I: 3-Jahres-Überlebens-
raten der Jahre 1966-1969 in Abhängigkeit von
der Therapie an der UFK Giessen

Stadium	Therapie	$\frac{\text{überlebend}}{\text{behandelt}} = \%$
Ia	5,7% bestrahlt 94,3% operiert	$\frac{35}{35} = 100\%$
Ib	51,4% nur bestrahlt	$\frac{62}{74} = 83,8\%$
	48,6% operiert ± Vor/Nachbestrahlung	$\frac{59}{70} = 84,3\%$
I		$\frac{156}{179} = 87,2\%$

Tab. 16: Kollumkarzinom Stadium Ib: Risikoverteilung nach Alter, Größe und Gewicht bei der Therapie, verglichen mit den Mittelwerten aus dem gesamten Kollektiv

		Alter	Größe	Gewicht	Stadium
1966-67	operiert	40,8J	162,6cm	64,6kg	Ib
	bestrahlt	58,5J	162,1cm	68,5kg	
1966-69	operiert	42,3J	162,9cm	65,2kg	
	bestrahlt	57,7J	161,3cm	70,6kg	
1957-69	Mittelwert (500 Pat.)	50,7J	161,0cm	69,2kg	I-IV

Tab. 17: Kollumkarzinom Stadium Ib: Therapiemortalität der Patientinnen, die an der UKF Giessen von 1966-1969 primär behandelt wurden

Wertheim + Lymphonodektomie	Radiumeinlage
1 Herzstillstand intra operationem	1 Herzstillstand unter Narkose
1 Nachblutung bei Gerinnungsstörung	3 foudroyante Lungen- embolien 1 - 5 h nach Radiumeinlage
1 Ileus bei fibrinös- eitriger Peritonitis	
3 Operationsmortalität 3 : 70 = 4,3 %	4 Radiummortalität 4 : 74 = 5,4 %
gesamte Therapiemortalität 7 : 144 = 4,9 %	

Überspitzt kann man behaupten: Im Stadium Ib wurden die jungen und schlanken Patientinnen operiert, die alten und dicken bestrahlt. Wenn man die primäre Mortalität beider Therapieverfahren von 1966-1969 an der UFK Giessen vergleicht (Tab. 17) so steht eine primäre Operationsmortalität von 4,3% einer Radiummortalität von 5,4% gegenüber. Dazu ist jedoch anzumerken, daß das Risiko der tödlichen Embolie durch eine generelle und konsequente Thromboembolieprophylaxe bei allen Bestrahlungspatientinnen seit 1. Januar 1972 auf 0 reduziert werden konnte, womit die Erfahrungen der UFK München (RIES et al. (64)) voll bestätigt werden. Auf der anderen Seite ist auch die Operationsmortalität erheblich reduziert worden durch folgende Maßnahmen:

Intrazervikale Radiumeinlage von 1500-2000mg eh 14 Tage nach Konisation, gleichzeitig zur Tumordevitalisierung und Parametritis-Reizbestrahlung, Wertheim-Operation erst 3 - 4 Wochen nach der Radiumeinlage.

3. Kritische Bemerkungen

Die Heilungsergebnisse der UFK Giessen beim Kollumkarzinom sind in den Jahren 1960 - 1965 nur mäßig, wenn man sie mit den 5-Jahresheilungen des Weltdurchschnitts von 1956-1960 nach dem Annual Report Vol. 14 (43) vergleicht:

Stadium I 75,7% Stadium II 54,3%

Stadium III 31,5% Stadium IV 8,4%

absolute 5-Jahresheilung aller Stadien 50,4%

Nach Einführung der HV-Therapie stieg die absolute 5-Jahres-Überlebensrate an der UFK Giessen 1966 bis 1967 auf 60,3% an. Damit wurde der Leistungsstand der größten deutschen Kliniken erreicht. Die relative Leistung in den einzelnen Stadien ist aber an der UFK Giessen in beiden Berichtszeiträumen deutlich schlechter.

Mögliche Ursachen dafür sind:

therapiebedingt:

zu starke Schematisierung der Telekobaltpendelbestrahlung im Berichtszeitraum 1966 - 1967, da bis 1971 immer nur 4000 R HD nach Methode I gegeben wurden (Methode II kam erst 1972 dazu),

zu starke Schematisierung der Radiumtherapie in beiden Berichtszeiträumen (siehe Kapitel VIII.2.)

klassifizierungsbedingt: "Herunterklassifizierung",
durch andere Einflüsse bedingt.

Auf die therapiebedingten Ursachen wird in der Diskussion eingegangen, der Einfluß der Klassifizierung wird im folgenden Kapitel untersucht.

A) Entwicklung und Vergleich der Stadienverteilung

Die Klassifizierung des Kollumkarzinoms wurde an der UFK Giessen vom jeweiligen Oberarzt der Station vorgenommen, der meist in einjährigem Rhythmus wechselte. In anderen großen Kliniken wurde häufig die Stadieneinteilung allein vom Chef getroffen (z.B. UFK Hamburg), was den Vorteil einer großen Konstanz des Einteilungsprinzips bietet. Aber auch in Giessen wurde nach den strengen Grundsätzen der FIGO, wie sie im Annual Report wiedergegeben sind, eingeteilt und im Zweifelsfall zum niedrigeren Stadium hin klassifiziert.

Vergleicht man die letzten Publikationen aus München (RIES (61)), Hamburg (FRISCHBIER und LOHBECK (22), FRISCHBIER (18)), Tübingen (PFLEIDERER (57)), Marburg (MENZEL (53)) mit den eigenen Ergebnissen (Tab.18), dann fällt auf, daß diese Kliniken einen wesentlich höheren Anteil an fortgeschrittenen Stadien haben als die UFK Giessen im Zeitraum 1960 - 1965. Besonders deutlich wird

Tab. 18: Kollumkarzinom: Neuere Stadienverteilung und Heilungsergebnisse aus 4 UFK verglichen mit denen der UFK Giessen (*%-Zahlen wurden berichtigt).

Stadium		I	II	III	IV	I-IV
I. UFK München	rel%	15,5	36,6	44,3	3,5	99,9
1961-65		305:340	584:802	459:970	2:77	1328:2189
(Ries)	5-JH	89,7%	72,8%	47,3%	2,6%	60,7%
UFK Tübingen	rel%	19,4	*50,5	26,7	*3,4	100,0
1959-64		150:174	317:454	100:240	3:31	570:899
(Pfleiderer)	5-JH	86,2%	69,8%	*41,7%	*9,7%	*63,4%
UFK Hamburg	rel%	16,8	9,7	65,9	7,6	100,0
1957-1963		110:127	56:73	277:497	7:57	450:754
(Frischbier)	5-JH	86,5%	76,7%	55,7%	12,3%	59,7%
UFK Marburg	rel%	9,7	32,9	55,3	2,1	100,0
1957-1963		22:23	55:78	63:131	0:5	140:237
(Menzel)	5-JH	95,7%	70,5%	48,1%	0,0%	59,1%
UFK Giessen	rel%	42,0	33,9	22,4	1,7	100,0
1960-65		152:223	81:100	33:119	0:9	273:531
	5-JH	71,3%	45,0%	27,7%	0,0%	51,4%
UFK Giessen	rel%	47,1	30,7	20,6	1,6	100,0
1966-67		72:87	30:58	12:30	0:3	114:189
	5-JH	80,0%	51,7%	30,8%	0,0%	60,3%

Tab. 19: Kollumkarzinom: Zusammenfassung diagnostisch schwerer unterscheidbarer Stadien. Deutliche "Herunterklassifizierung" an der UFK Giessen im Vergleich zu 4 anderen Kliniken

Stadium	I + II	II + III	III + IV
UFK München	52,1%	80,9%	47,3%
UFK Tübingen	69,9%	77,2%	30,1%
UFK Hamburg	26,5%	75,6%	72,0%
UFK Marburg	42,6%	83,2%	57,4%
UFK Giessen 60-65	75,9%	56,3%	24,1%
UFK Giessen 66-67	77,8%	51,3%	22,2%

das im Stadium I, dessen relativer Anteil an den anderen Kliniken nur 9,7 - 19,4% ausmacht gegenüber 42,0% an der UFK Giessen. Um diagnostische Irrtümer auszuschließen wurden auf der Tab. 19 schwer unterscheidbare Stadien zusammengefaßt. Der Vergleich zeigt, daß an der UFK Giessen eine deutliche "Herunterklassifizierung" zum niedrigeren Stadium erfolgt ist, wenn man voraussetzt, daß wohl die meisten Kliniken ein ähnlich zusammengesetztes Patientengut haben.

Gerade der Vergleich mit der benachbarten UFK Marburg macht das deutlich, die zum Teil das gleiche Hinterland hat: Die Landkreise haben eine gemeinsame Grenze, einzelne Giessener Fachärzte überweisen aus traditionellen Bindungen nach Marburg. Ob diese "Herunterklassifizierung" an der UFK Giessen auf mangelnder Erfahrung, schärferer Auslegung der FIGO-Klassifizierung oder Unterlassung diagnostischer Maßnahmen beruht, läßt sich retrospektiv nicht entscheiden. Mit der "Herunterklassifizierung" lassen sich die schlechteren Heilungsergebnisse der UFK

Giessen 1966 - 1967 in den einzelnen Stadien bei dem guten absoluten Heilungsergebnis von 60,3% erklären, nicht aber das verhältnismäßig schlechte Gesamtergebnis von 51,4% im Zeitraum 1960 - 1965. Um die etwas ungünstigere Stadienverteilung im Zeitraum 1960 - 1965 gegenüber 1966 - 1967 zu eliminieren, wurde die erwartete absolute 5-Jahres-Überlebensrate 1960 - 1965 bei Zugrundelegung der Stadienverteilung des Zeitraums 1966 - 1967 mit 52,9% berechnet. Die Differenz von 52,9% zu 60,3% stellt also die eigentliche Leistungssteigerung im Heilungsergebnis nach Einführung der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung dar.

B) Weitere Einflüsse auf die Heilungsergebnisse

Die Heilungsergebnisse werden zusätzlich noch von teils weltweit registrierten, teils lokal bedingten Faktoren beeinflusst. Dazu gehören

- 1) die weltweite Steigerung der Heilungsergebnisse in aufeinanderfolgenden Berichtszeiträumen (Annual Report Vol. 14),
- 2) die Zunahme der günstigen Fälle in ein- und demselben Stadium (EICHORN et al. (15)), RIES (61)),
- 3) die Verbesserung der Nachbehandlung,
- 4) das persönliche Engagement und zunehmende Erfahrung des verantwortlichen Therapeuten,
- 5) neue diagnostische Möglichkeiten (Lymphographie, Angiographie, Phlebographie),
- 6) die Einführung der Thromboembolie-Prophylaxe (RIES et al. (64)),
- 7) die Verbesserung der Rezidivtherapie.

Auf die Rezidivbehandlung soll hier nicht näher eingegangen werden, weil dafür die monaxiale Pendelung oder eine Stehfeldmethode meistens besser geeignet sind als die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung.

VIII. Diskussion

1. Vergleich von Röntgenbestrahlungsmethoden

Wenn man die Geschichte der Strahlentherapie der Uteruskarzinome verfolgt, dann konkurrieren in der Telotherapie bis heute zwei verschiedene Therapieprinzipien miteinander: Die Großraumbestrahlung und die Kleinraumbestrahlung. Etwas vereinfacht kann man sagen, daß zur Großraumbestrahlung die Stehfeldmethoden und zur Kleinraumbestrahlung die Pendelmethoden und die Körperhöhlenrohrbestrahlung gehören.

Für die konventionelle Röntgenbestrahlung lohnt sich der Vergleich der eigenen Heilungsergebnisse und Bestrahlungsmethoden mit denen von München, Tübingen und Marburg.

Die I. UFK München hat die größte Zahl gynäkologischer Karzinome aufzuweisen. Sie macht seit Jahrzehnten eine konsequente Röntgenstehfeldtherapie, die bis auf VOLTZ 1930 (81) zurückgeht und mehrfach modifiziert wurde. Seit 1958 wurden je nach Karzinomausdehnung 1800 - 2400 (-3000) R HD über zwei ventrale und zwei dorsale Felder von 10x15cm eingestrahlt, wobei jede Seite im 48h-Rhythmus bestrahlt wurde (RIES (60,62)).

An der UFK Tübingen wird seit 1956 eine Pendelkonvergenzbestrahlung ausgeführt, deren Grundlagen durch SPECHTER (72) an der UFK Giessen erarbeitet wurden. Seit 1959 wurden mit 3200 R HD im 48h-Rhythmus an der Beckenwand gleiche Gesamtdosen eingestrahlt wie mit Pendelkonvergenz und Körperhöhlenrohr zusammen auch an der UFK Giessen.

Die Marburger Methode der Röntgenbestrahlung besteht aus einer Kreuzfeuerbestrahlung, die unter Verzicht auf die Mitbestrahlung paraortaler Lymphgebiete das ganze kleine Becken

von 6 - 7 Feldern aus möglichst homogen bestrahlt, wobei eine Herddosis von 2500 R erreicht wird. (DU MESNIL et al.(14)).

Die Tab. 18 zeigt für München mit 60,7% und Tübingen mit 63,4% ähnlich hohe absolute 5-Jahresheilungsergebnisse. Faßt man die schwer unterscheidbaren Stadien zusammen (Tab.19), dann hat im Stadium I + II und III + IV München die wesentlich ungünstigere Stadienverteilung. Wenn man die Vorbehalte bezüglich der Klassifizierung berücksichtigt, kann man sagen, daß bei fraktionierter Radiumtherapie konsequente Röntgen-Stehfeld- oder Röntgenbewegungsbestrahlung zu etwa gleichen Heilungsergebnissen führen. Die schlechteren Ergebnisse der UFK Giessen in den einzelnen Stadien und im Gesamtergebnis im Zeitraum 1960 - 1965 erfordern daher eine genauere Erforschung der Ursachen.

Die Röntgenbestrahlung bestand von 1957 - 1960 an der UFK Giessen in 8 x 200 R HD Körperhöhlenrohr beiderseits = 1600 R HD und 8 x 200 R HD Pendelkonvergenz beiderseits = 1600 R HD, Gesamtdosis im seitlichen Parametrium 3200 R HD. Wegen erheblicher Strahlenreaktionen und Spätschäden wurde 1961 die durch Körperhöhlenrohr eingestrahlte Dosis auf 3 x 200 R HD = 600 R HD beiderseits reduziert, die Pendelkonvergenz auf 13 x 200 R HD = 2600 R HD beiderseits erhöht, wodurch die Gesamtdosis von 3200 R HD unverändert blieb. Die Pendelkonvergenz wurde alternierend im 48h-Rhythmus gegeben, die drei Körperhöhlenrohrbestrahlungen verteilt auf die stationäre Behandlungszeit von 5 Wochen an drei Tagen beiderseits. Die Verwendung des Körperhöhlenrohres nach der Göttinger Bestrahlungsmethode (KEPP (40)) brachte also keinen Vorteil. Ähnlich sind die Tübinger Erfahrungen im Behandlungszeitraum 1951 - 1954, in dem mit Verwendung des Körperhöhlenrohres nur eine absolute 5-Jahresheilung von 51,2% erreicht wurde (PLEIDERER (57)). Man kann aber nicht annehmen, daß die seit 1961 noch verbliebenen 600 R HD Körperhöhlenrohr entscheidend waren für das schlechte Gesamtergebnis der UFK Giessen im Vergleich zur UFK Tübingen. Die Überlegungen richten sich daher zwingend auf die Handhabung der Radiumtherapie.

2. Vergleich von Radiumbestrahlungsmethoden

Die 4 zum Vergleich herangezogenen Kliniken verwenden eine fraktionierte Radiumtherapie mit intrazervikalem Stift und intravaginaler Portioplatte, die fest verbunden sind (Tab.20).

Tab. 20: Radium-Therapie des Kollumkarzinoms: Vergleich von 4 Kliniken mit der UFK Gießen (* Individualisierung nach Tumorausdehnung und Blasen/Rektum - Belastung, ** Dosierung nach 5000 R bzw. 6500 - 9900 R in 2 cm Abstand)

Klinik	Stift + Platte	frakt.	mgeh
I.UFK München	30 - 50mg + 30 - 40mg*	3-5x	3240-6480*
UFK Tübingen	40 - 60mg + bis 40mg	3x	2900-4200 St. + bis 2900 Pl.
UFK Hamburg	60 - 120mg + 50 - 130mg	2-3x	4500-5500
UFK Marburg	60 - 70mg + 40 - 50mg	1-2x	ca 4000 **
UFK Giessen	(evtl. 100mg intravag.) 90 od. 120mg (+40mg)	(1x) 2x	4000(-5000)

Besonders an der I. UFK München (RIES) wird die Radiumbehandlung völlig individualisiert, wovon sich der Verf. durch eine 14-tägige Mitarbeit als Gast im August 1971 selbst überzeugen konnte. Die Stift-Platte-Kombinationen werden entsprechend der Karzinomausdehnung an der Zervix hinsichtlich Größe und Ladung variiert. Dabei finden fast ausschließlich die schmalen Stifte der Reihe AR 120 - AR 124 G (Amersham-Buchler) Verwendung, in denen die Radiumnormalröhrchen nur hintereinander, aber nicht nebeneinander angeordnet werden. Da auch die Portioplatten meist nur eine Beladung von 40mgel haben, wird mit geringer Dosisleistung und relativ langen Liegezeiten bis 24h (sogar 48h) gearbeitet. Weiter werden die Liegezeiten des Radiumträgers nach der Dosisleistung in Blase und Rektum bestimmt und bei stärkerer Belastung dieser Organe abgekürzt und stärker fraktioniert. Falls erforderlich,

werden auch noch zusätzlich intravaginale Radiumträger in Form von Portioplatten, Hartgummirohren oder Neeffrohr gelegt. Sowohl die Trägerkombination wie auch die Gesamtdosis des Radiums richtet sich nach der Tumoreinschmelzung, wobei eine Toleranzdosis von 6000 - 7000 R an Blase und Rektum möglichst nicht überschritten wird.

Durch diese individualisierte Radiumtherapie wird die Einschmelzung des Tumors unter weitestgehender Schonung der umgebenden Gewebe und Nachbarorgane erreicht, woraus eine Fistelfrequenz von 0,2% (!) im Zeitraum 1938 - 1949 resultiert (RIES und BREITNER (63)). Wenn man die relativ primitive Röntgen-Stehfeldbestrahlung berücksichtigt, dann kann man der Erklärung von RIES (60) voll zustimmen, daß " die Zunahme der Heilungen ab 1940 auf den allmählichen Übergang zur Radiumfraktionierung und individuellen Therapie zurückzuführen ist".

Die UKF Hamburg arbeitet mit höheren Radiumdosen, vor allem in der Portionplatte, geringerer Fraktionierung und kürzeren Liegezeiten. Auch hier wird die Radiummenge und die Trägerkombination nach der Tumorausdehnung variiert. Dadurch kommt es bei etwa gleich guten Heilungsergebnissen wie in der I. UKF München zu einer etwas höheren Fistelfrequenz von 0,35% bis 3,1% je nach der Höhe der zusätzlich perkutan eingestrahlten Hochvolt-dosis (FRISCHBIER und LOHBECK (22)).

Die UKF Tübingen fraktioniert die Radiumeinlage dreimal, arbeitet mit relativ geringen Radiummengen in Stift und Platte und benutzt auch nur die schmalen Radiumträger wie die I. UKF München. Die Radiumbeladung von Stift und Platte und die Gesamtdosis wird variiert.

Ein etwas abweichendes Radiumtherapieschema hat die UKF Marburg durch die einmalige Applikation, seit 1959 zweimalige Fraktionierung, die relativ geringe Variation der Radiummenge und niedrige Gesamtdosis, die auf 4500-5500 R am Punkt A

bei einmaliger Applikation, und nach der Fraktionierung auf 3600 bis 5000 R bei der ersten und 2900 bis 4800 R bei der zweiten Radiumeinlage festgesetzt ist. Bei jeder Einlage wird die maximale Dosisleistung in Blase und Rektum gemessen, wobei die Perkutandosis von 2500 R HD berücksichtigt wird.

An der UFK Giessen wurde dagegen im Zeitraum von 1960 bis 1970 ein sehr starres Radiumtherapieschema angewendet (alte Göttinger Methode (KEPP (40))). Es wurden meist zweimal 2000 mgeh Radium gelegt unter Verwendung des Röhrenfilters AR 111 G (sog. 3 x 3 Träger mit 90 mgel Radium) oder AR 112 G (sog. 4 x 3 Träger mit 120 mgel Radium). Die Liegezeit betrug 22h 13' bzw. 16h 40'. Wenn der Zervikalkanal bei der ersten Radiumeinlage nicht sondierbar war, wurde vorher Radium intravaginal gelegt: 1000 mgeh im Träger AR 101 (sog. 1 x 10 Träger mit 100 mgel Radium) in einer Plexiglas-kapsel von 5 mm Wandstärke, Liegezeit 10h. Dadurch wurde der Tumor meist soweit abgeschmolzen, daß die beiden intrazervikaln Einlagen im Abstand von etwa 14 Tagen folgen konnten. Die Gesamtdosis war dann 5000 mgeh.

Eine Stift-Platte-Kombination wurde nur selten verwendet, so daß die räumliche Dosisverteilung der Radiumbestrahlung nicht optimal war. Auch wurden weitere Zwischenuntersuchungen durch den verantwortlichen Oberarzt zur Planung der nächsten Radiumeinlage meist unterlassen und das starre Therapieschema weitergeführt. Messungen der Dosisleistung in Blase und Rektum wurden nicht vorgenommen.

Man kann annehmen, daß diese starre und schematische Radiumtherapie ohne Anpassung an die Tumorausdehnung und ohne Kontrolle der maximalen Organbelastung schuld ist an den schlechteren Heilungsergebnissen im Zeitraum 1960 - 1965 und an der relativ geringen Zunahme der Heilungsergebnisse im Stadium II und besonders III im Zeitraum 1966 - 1969 nach Einführung der Hochvolttherapie.

3. Vergleich von Telekobaltpendelmethoden

Beim Übergang von der konventionellen Röntgenbestrahlung zur Telekobalttherapie in den Jahren 1966 - 1968 wurde die Radiumbehandlung an der UFK Giessen unverändert beibehalten. Die Steigerung der 5-Jahresüberlebensrate von 51,4% auf 60,3% muß daher größtenteils der Methode I der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung zugeschrieben werden.

In der Literatur finden sich nur vier Mitteilungen an höheren Patientenzahlen aus denen eine Überlegenheit der Hochvolttherapie gegenüber der konventionellen Röntgentherapie beim Kollumkarzinom hervorgeht (FLETCHER et al. 1962 (17), MERCADO und SALA 1968 (54), FRISCHBIER und LOHBECK 1970 (22), VAHRSON 1971 (80)). Es ist aber nicht möglich, aus der Literatur Stehfeld- und Bewegungsbestrahlung mit Telekobaltgeräten zu vergleichen.

A) Hamburger Methode der biaxialen Pendelbestrahlung

Die UFK Hamburg hat seit 1965 ein Drittel der Patientinnen von der Stehfeldbestrahlung mit Betatron oder Gammatron auf die biaxiale Telekobaltpendelbestrahlung entweder in Kombination mit Radium oder als alleinige Therapie umgestellt. Etwa zwei Drittel der Patientinnen wurden weiter mit Stehfeld bestrahlt (FRISCHBIER 1973 (19)). Diese Hamburger Methode der Bewegungsbestrahlung war Ausgangspunkt der eigenen Untersuchungen und wurde bereits auf Abb. 1, Seite 9 vorgestellt. Sie variiert den PAA von 4 - 10cm und die Herdfeldbreite von 6 - 8 cm bei konstantem PW 160°. Durch den Verzicht auf einen AW bringt diese Methode bei Kombination mit Radium eine relativ hohe Oberschenkelkopfbelastung und eine geringere Ausdehnung der 90% -Isodose in anterior-posteriorer Richtung. Ihre sonstige Variationsmöglichkeit ist richtungsweisend. Die perkutan eingestrahlte Dosis beträgt bei Kombination mit Radium

4000 - 4500 R HD, die zeitweilig bis auf 6400 R HD erhöht wurde. Diese Dosiserhöhung brachte keine besseren Heilungsergebnisse aber mehr schwere Komplikationen (FRISCHBIER und LOHBECK (22)). Die absolute 5-Jahresheilung der UFK Hamburg ist mit 59,7% (Tab. 18) ebenso gut wie in München oder Tübingen. Allerdings muß man die relative Stadienverteilung unter den besprochenen Vorbehalten berücksichtigen, wonach nur 26,5% der Patientinnen dem Stadium I + II angehörten, was nur die Hälfte bis ein Drittel der Zahl an anderen Kliniken ausmacht.

B) Pariser und Mailänder Methode der Schrägfeld-Pendelbestrahlung

Die Telekobaltpendelbestrahlung mit kranialwärts konvergierenden Feldern, die von SURMONT 1957 (73) und BURAGGI et al. 1959 (8) beschrieben wurde, verdient besondere Beachtung. Die Abb. 66 zeigt die Lage der Pendelachsen und die Dosisverteilung am kranialen und kaudalen Feldende nach BURAGGI et al. Mit PW 200⁰, HF 8,5 x 16cm und 15⁰-Neigung beider Pendelachsen soll eine Dosis von 5000 - 6300 R auf den Verlauf der iliakalen Lymphbahnen eingestrahlt werden. bei zusätzlicher intrakavitärer Radiumbestrahlung. Die Lage der Bestrahlungsfelder erscheint auf dem ersten Blick sehr günstig, doch zeigt die Methode einige bedenkliche Besonderheiten:

- 1) das bestrahlte Volumen ist bei HF 8,5 x 16cm und zusätzlicher Radiumtherapie sehr groß,
- 2) der Oberschenkelkopf liegt im Bereich der 80 - 100% - Isodose,
- 3) im Gegensatz zu fast allen kombinierten Bestrahlungsmethoden bringt nicht nur eine Verlagerung des radiumtragenden Uterus nach lateral, sondern auch in kranio-kaudaler Richtung Über- und Unterdosierungsprobleme,
- 4) die kraniale Dosis Spitze liegt auf den Wirbelkörpern und sehr nahe dem Wirbelkanal,

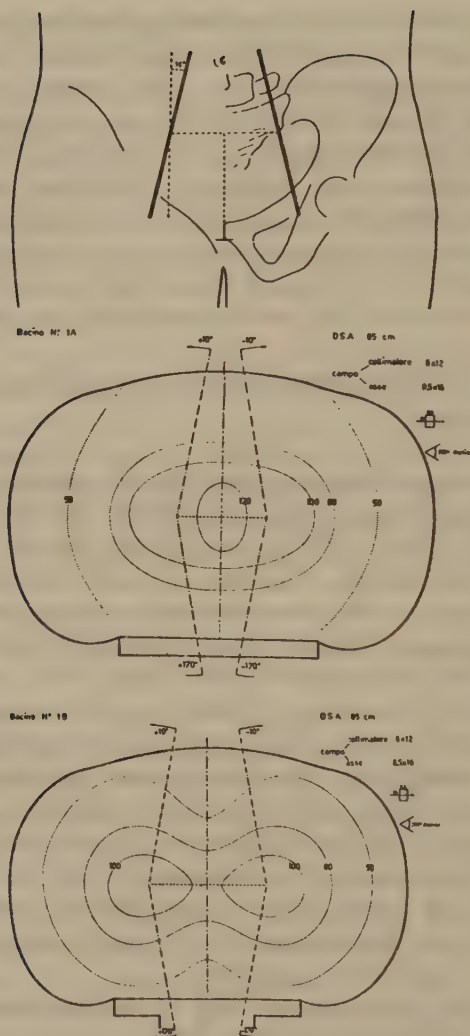


Abb. 66: Mailänder biaxiale Schrägfeld-Pendelbestrahlung
nach BURAGGI et al.: HF 8,5 x 16cm, PW 200°,
15°-Neigung der Pendelachsen
oben: Lage der Pendelachsen
mitte: kraniales Feldende
unten: kaudales Feldende

Leider ist der seit langem überfällige Band 15 des Annual Report immer noch nicht erschienen, so daß die Heilungsergebnisse der mit dieser Methode arbeitenden Kliniken dem Band 14 von 1967 entnommen werden müssen. Im Berichtszeitraum 1956 bis 1960 erzielte das Institut Gustave Roussy (Paris) aus dem SURMONT publizierte, eine absolute 5-Jahresheilung von 47,8% und das Instituto Nazionale dei Tumori (Milano), aus dem BURAGGI et al. berichteten, eine solche von 44,7%. Diese Ergebnisse können nicht überzeugen.

C) Heidelberger Methode der biaxialen bisegmentalen Pendelbestrahlung

KUTTIG et al. publizierten 1968 eine Methode der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung (47), die der bereits 1967 vorgestellten eigenen Methode (VAHRSON (77)) sehr nahe kommt. Bei HF 6 x 14 cm oder 8 x 14 cm und PAA 8 cm wurde ein PW 180° und AW 20° (80° - 100°) empfohlen, während PW 200° und AW 40° (70° - 110°) als weniger günstig abgelehnt wurde. Besonderheit dieser Methode ist die Verwendung eines 17,5°-Keilfilters. Die Abb. 67 zeigt den Isodosenverlauf im Phantom und die Summenkurve bei kombinierter Radium-Telekobaltbestrahlung. Diese Bestrahlungsmethode kommt der eigenen Methode IA und B am nächsten. Durch Verwendung des Keilfilters wird eine Entlastung der Beckenmitte erreicht, die einfacher durch Vergrößerung des PAA auf 10 cm ohne Keilfilter erzielbar ist. Die Summenkurve zeigt einen plateauartigen Verlauf und

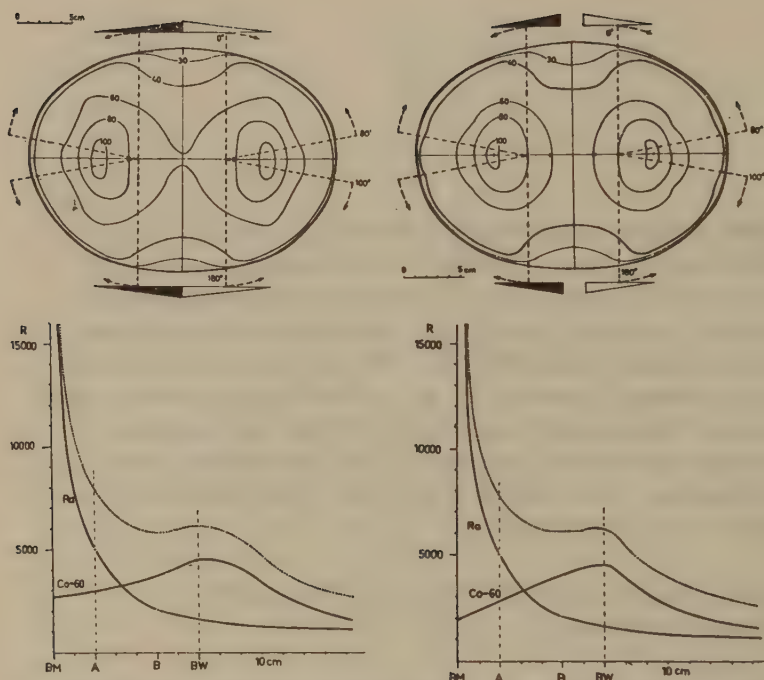


Abb. 67: Heidelberger Methode der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung nach KUTTIG et al.:
17,5-Keilfilter

links oben: HF 8x14cm, PW 200°, AW 20°(80°-100°),
PAA 8cm
links unten: Dosiskurven bei 6000mgeh Radium +
5000 R HD
rechts oben: HF 6x14cm, PW 200°, AW 20°(80°-100°),
PAA 8cm
rechts unten: Dosiskurven bei 6000mgeh Radium +
5000 R HD

sogar leichten Anstieg zur Beckenwand, was für das Stadium I und II nicht erforderlich ist. Der Dosisabfall zum Oberschenkelkopf ist etwa gleich steil wie bei der eigenen Methode. Die Verwendung des Keilfilters bedingt eine Verlängerung der Bestrahlungszeit auf das

Dreifache gegenüber dem offenen Blendenfeld. Die eigene Methode ist also technisch einfacher und zeitsparender im Routinebetrieb bei ähnlicher Dosisverteilung. Immerhin zeigt die Tatsache, daß 2 Kliniken unabhängig voneinander unter Einsatz etwas unterschiedlicher Mittel zu fast gleichen Vorschlägen kommen, daß die erzielte Dosisverteilung günstig ist.

D) Hamburger und Berliner Methode der 4-axialen Pendelbestrahlung

Zuletzt soll noch die vieraxiale Pendelbestrahlung oder 4-Zentrenrotation besprochen werden. Die von HEINZEL (Hamburg 1961 (31)) angegebene Methode arbeitet mit PAA 8cm, PW 180° und Felddbreite 5cm (Abb. 68). Diese Bestrahlungsanordnung zeigt eine relativ geringe Dosisausparung für den radiumtragenden Uterus. Der PAA in anterior-posteriorer Richtung ist mit 8cm zu groß, so daß eine bedenkliche Unterdosierung zwischen den Rotationszentren in der Mitte der Beckenwand entsteht. Eine Reduktion des PAA auf 6cm hätte dies vermieden. Blasenboden und Rektum erhalten eine relativ hohe Dosis. In der beschriebenen Form läßt sich die Dosisverteilung dieser Methode einfacher durch eine biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung mit PW 210° , AW 100° ($40^{\circ} - 140^{\circ}$) und PAA 10 cm (Abb. 25, Seite 35) erreichen, besonders wenn man den PAA auf 8cm verkürzt.

Die von MATSCHKE und WELKER, Berlin 1963 (51) sowie WELKER und EICHHORN 1971 (86,87) angegebene Methode arbeitet mit PAA 8cm und 4cm, Felddbreite 4cm und ebenfalls PW 180° (Abb. 69). Diese Methode zeigt zwar einen hochovalen Isodosenverlauf in a.p.-Richtung parallel zur Beckenwand, doch liegt das Dosismaximum zu weit nach medial von der Beckenwand entfernt, so daß zur Beckenwand hin bereits ein Dosisabfall bis auf 80% eintritt. Dies führt bei Kombination mit Radium, besonders bei Exzentrizität des

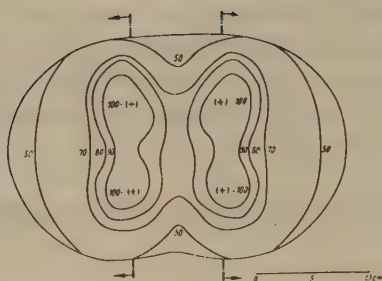


Abb. 68: Hamburger-Methode der 4-axialen Telekobaltpendelbestrahlung nach HEINZEL: Feldbreite 5cm, PW 180°, PAA 8cm

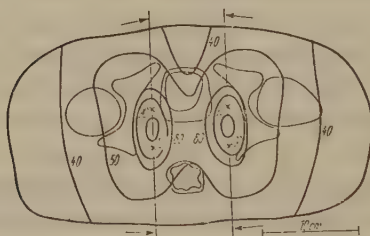


Abb. 69: Berliner Methode der 4-axialen Telekobaltpendelbestrahlung nach MARCONE und WALKER: Feldbreite 4cm, PW 180°, PAA horizontal 8cm, vertikal 4cm.

Radiumträgers zu erheblicher Unterdosierung auf der abgelegenen Seite. Eine Verlängerung des PAA auf 10cm in der Horizontalebene könnte eine optimale Dosisverteilung bringen.

Beide Methoden der 4-axialen Pendelbestrahlung könnten also durch Veränderung des PAA optimiert werden. Das Resultat wäre dann eine Angleichung an die Dosisverteilung der eigenen Methode IIA und B. Mit der vieraxialen Pendelbestrahlung wird also keine bessere Dosisverteilung erzielt als mit biaxialer bisegmentaler Pendelbestrahlung. Daher ist wegen ihrer Einfachheit die eigene Methode vorzuziehen, bei der lediglich ein Zeitverlust durch den großen AW ins Gewicht fällt.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die wichtigsten konkurrierenden Telekobaltbewegungsbestrahlungsmethoden keine Vorteile für die räumliche Dosisverteilung gegenüber den eigenen Methoden der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung bieten aber - mit Ausnahme der Hamburger biaxialen Methode - technisch aufwendiger sind.

4. Vorteile der Telekobaltbewegungsbestrahlung

Da weder bei konventioneller Röntgenbestrahlung noch bei Telekobalttherapie mit Bewegungsbestrahlungsmethoden bessere Heilungsergebnisse erzielt werden können als mit Stehfeld-techniken muß nach der Berechtigung der hier vorgestellten biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung gefragt werden. Diese ergibt sich aus den Vorteilen:

1) für die Patientin

- a) Hautschonung: Duschen, Baden, Schwimmen nach Bestrahlung erlaubt, Sonnenbad beschränkt möglich,
- b) über Röntgen-belastete Haut mit Spätveränderungen kann bei Rezidiv noch eine beliebige HD eingependelt werden,
- c) gleichbleibende Rückenlage bei jeder Bestrahlung,
- d) weniger und leichtere Frühreaktionen, die ohne Unterbrechung der Bestrahlungsserie behandelt werden können

2) für die räumliche Dosisverteilung

- a) Körperform und -größe fast ohne Einfluß auf die Dosisverteilung im kleinen Becken
- b) beliebig große Tumordosis (nur begrenzt durch Beckengewebetoleranz),
- c) beliebig einstellbarer Dosisabfall zum gesunden Gewebe,
- d) beliebige Variation von 1 oder 2 (oder 4) Dosismaxima,
- e) keine Tumor- oder Organverschiebung durch Umlagerung (SETÄLÄ et al. (69), SETÄLÄ (70)),
- f) bei Adipösen keine höhere Belastung des Gewebes zwischen Parametranebene und Hautoberfläche wie bei Stehfeldbestrahlung (FRISCHBIER und KUTTIG (20)).

5. Grenzen der Telekobaltbewegungsbestrahlung

Die Bewegungsbestrahlungsmethoden finden ihre natürliche Grenze, wenn das Karzinom bereits das kleine Becken überschritten hat. Wenn z.B. die Lymphographie paraortale Metastasen aufdeckt, dann gibt es zwei Möglichkeiten für die Bestrahlung:

Anfügen einer zusätzlichen lumbalen Bestrahlung, z.B. nach RÖDEL et al. (66) oder FRISCHBIER und KARL (23) mit der Gefahr der Über- oder Unterdosierung an der Überschneidungsstelle mit der Beckenbestrahlung oder völliger Verzicht auf Pendelbestrahlung zu Gunsten einer Großfeldbestrahlung am Betatron oder Gammatron.

Der einfachste Weg einer Verlängerung des Pendelfeldes in den Lumbalbereich ist nicht möglich, da es keine Pendelbestrahlungsmethode gibt, die allein oder in Kombination mit Radium die in verschiedenen Ebenen liegenden iliakalen und paraortalen Lymphwege wie auch die präsakralen Anteile des Parametrium mit ausreichender Dosis erfaßt.

An der UFK Giessen wird daher nach den Münchner Erfahrungen (RIES) eine Telekobaltgroßfeldbestrahlung (Unterbauch- und Rückenfeld NF ca. 12 x 14 cm) mit Einschluß der Leiste vorgezogen. Durch dreieckförmige Bleisatelliten in den kranialen Feldecken kann außerdem das bestrahlte Volumen um ein Drittel reduziert, das Feld dem Verlauf der Lymphgefäße angepaßt und die Nieren größtenteils ausgeblendet werden. Auf diese Weise kann man eine HD von maximal 4000 R erreichen. Das Telekobaltgroßfeld kann auch bei Leistenmetastasen des Kollumkarzinoms verwendet werden. Die Leisten müssen aber dann meist noch zusätzlich mit schnellen Elektronen (oder Telecaesium/Telekobalt) mit kleinem Feld bis zur Toleranzgrenze bestrahlt werden.

In fortgeschrittenen Fällen des Stadium III mit Infiltration beider Parametrien und der Vagina muß entschieden werden, ob sich die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung nach der Methode IIA oder B an die intravaginale und intrazervikale Radiumtherapie anpassen kann. Im Zweifelsfall ist eine Stehfeldtherapie vorzuziehen.

Im Stadium IV mit Blasen- und/oder Rektumscheidenfistel ist ebenfalls die Grenze der Bewegungsbestrahlung erreicht, auch wenn das Karzinom noch auf das kleine Becken beschränkt ist. Unter Verzicht auf Radium kann dann in seltenen Fällen nach der eigenen Methode IC oder bei größerer Ausdehnung nach der Hamburger Methode B (FRISCHBIER und HASSE) bestrahlt werden, meist geben wir aber ein rundes 18MeV-Photonenfeld von 16cm Ø am Herd mit dem Betatron (Unterbauch- und Rückenfeld).

6. Folgerungen für die Therapie der Universitäts-Frauen- klinik Gießen

A) Radiumtherapie

Unter dem Eindruck der ausgezeichneten Münchner Heilungsergebnisse bei minimaler Fistelfrequenz wurde an der UFK Gießen seit 1971 die Radiumtherapie individualisiert:

- 1) Überwiegende Verwendung der Stift-Platte-Kombination, wobei Plattengröße und Stiftlänge jeweils der Tumorausdehnung angepaßt werden: am Anfang größere Platte, spätere Einlage mit kleinerer Platte, evtl. Verzicht auf Platte bei letzter Einlage.
- 2) Reduktion der Radiumbeladung: Beim Stift AR 111 G (sog. 3 x 3 Träger von Amersham-Buchler) von 90 mgel auf 60 mgel. Der Stift AR 112 G (sog. 4 x 3 Träger von Amersham-Buchler) mit 120 mgel wurde durch den gleich langen aber schmaleren Stift AR 123 G mit 60 mgel Radium ersetzt. Bei kleinem Uterus oder bei Zervixstumpfkarcinom werden entsprechend kleinere Stifte mit 20-50 mgel Ladung benutzt. Das Verhältnis von Stift und Platte beträgt also 3 : 2 bis 1 : 1, in Sonderfällen ist die Platte stärker beladen als der Stift. Die Beladung der Platten mit 40 mgel wurde beibehalten, lediglich die größte Platte AR 204 wird auch mit 60 mgel beladen.
- 3) Stärkere Fraktionierung: Statt bisher 2 intrazervikalen Einlagen mit je 2000 mgeh werden jetzt meist 3 Einlagen von je 1500 mgeh gegeben. Je nach der Tumorregression kann die 3. Einlage auf 1000 mgeh reduziert oder noch eine 4. Einlage vorgenommen werden. Bei vaginaler Ausdehnung des Karzinoms über den Bereich der Portioplatte hinaus können noch

- 1 - 2 vaginale Einlagen mit geringer Dosis gegeben werden: Stift mit erforderlicher Länge, distanziert durch die Plexiglaskapsel von 5 mm Wandstärke wie bei Therapie des Vaginalkarzinoms (VAHRSON (78)). Die Radiumeinlagen werden Anfang (Blutstillung), Mitte und Ende der perkutanen Bestrahlungsserie in 10 - 14tägigem Abstand vorgenommen.
- 4) Variable, etwas höhere Gesamtdosis: Im Stadium I und Stadium II meist 4500 mgeh. Variation von 3000 mgeh bis etwa 5500 mgeh. Im Stadium IV meist Verzicht auf Radium oder nur geringe Mengen.
 - 5) Obligate Messung der Blasen- und Rektumbelastung mit dem Simplex-Dosimeter (PTW/Freiburg). Bei stärkerer Dosisleistung als 100 R/min. entweder Verstärkung der Tamponade und/oder Verkürzung der Liegezeit und stärkere Fraktionierung. Gesamtdosis für Blase und Rektum 6000 - 7000 R unter Einschluß der Perkutanbestrahlung.
 - 6) Obligate Zwischenuntersuchungen zur Festlegung der nächsten Radiumeinlage.
 - 7) Besondere Sorgfalt erfordert die Radiumbestrahlung; im Stadium Ib in Verbindung mit der Operation nach Wertheim mit Lymphonodektomie: Im Regelfall ist eine diagnostische Konisation vorausgegangen. 14 Tage später wird eine Radiumeinlage mit 1500 mgeh (Stift + Platte) vorgenommen aus zwei Gründen: Tumoredevitalisierung und Reizbestrahlung des parametranen Gewebes, da häufig der Konisation eine Parametritis folgt, die das Operationsrisiko beim Wertheim erhöht. Erst 3 - 4 Wochen nach der Radiumeinlage wird die Operation nach Wertheim ausgeführt. Falls eine Nachbestrahlung erforderlich ist, wird gegen Ende der Perkutanbestrahlung einmalig eine optimierte Einlage (BUCHHEIT und BUSCH (7)) mit 80 mgei Radium für 12 1/2 h =

1000 mgeh in einer Plexiglaskapsel von 5 mm Wandstärke in den Scheidenstumpf eingelegt. Jede weitere Einlage erhöht nach unseren Erfahrungen die Fistelfrequenz beträchtlich.

- 8) Obligate Thromboembolieprophylaxe: Am Tage der Radiumeinlage und am darauffolgenden Tage werden je 2 x 10.000 E. Heparin s.c. injiziert, im Intervall zwischen zwei Radiumeinlagen 3 x 500 mg Acetyl-Salicylsäure täglich gegeben.

B) Biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung

Der Anwendungsbereich der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung erstreckt sich auf die Stadien Ib, II und III. Im Stadium I und einem Teil des Stadium II wird die Methode I A - C je nach der Höhe der Radiumdosis verwendet. Der Regelfall ist bei 4500 mgeh Radium eine Pendelbestrahlung nach Methode IA mit 4000 R HD, so daß eine Gesamtdosis von 5000 γ -R an der Beckenwand erreicht wird. Bei ausgedehnter Infiltration des Parametriums im Stadium II und III, besonders bei breitbasig der Beckenwand aufsitzenden Karzinomen, wird nach der Methode IIA oder B je nach Radiummenge bestrahlt. Der Regelfall ist bei 4500 mgeh Radium eine Pendelbestrahlung nach Methode IIA mit 4500 R HD, so daß an der Beckenwand über 5500 R wirksam werden. Läßt sich in den fortgeschrittenen Fällen das Radium nur intravaginal legen (2000 mgeh), dann kann die Methode IIB bei gleichzeitiger Erhöhung auf 5000 R HD verwendet werden. Muß auf Radium verzichtet werden, kommt bei geringer Ausbreitung an der Beckenwand evtl. die Methode IC zur Anwendung (Vaginaldosis bis 6000 R HD, Beckenwand etwa 5000 R HD), bei größerem Tumolvolumen die Hamburger Methode B (FRISCHBIER und HASSE) oder die Stehfeldbestrahlung (Gegenfeldmethode) mit Photonen am Betatron (5000 - 6000 R HD) oder mit Telekobaltgroßfeld (4000 R HD bis Toleranzgrenze). Wenn die Lymphographie bereits eine

Metastasierung in die oberen Lnn. iliaci communes und darüber zeigt, (außerhalb der Reichweite der 16cm langen Pendelfelder) wird unabhängig vom klinischen Stadium mit Telekobaltgroßfeld unter Anpassung an die Lymphwege bestrahlt.

Wenn eine Operation nach Wertheim mit Lymphonodektomie mit einmaliger Radiumvorbestrahlung von 1500 mgeh vorausgegangen ist, entscheidet der histologische Befund über die Nachbestrahlung: Wenn das Operationspräparat und die Lymphknoten karzinomfrei sind, wird meist auf eine Nachbestrahlung ganz verzichtet. Wenn das Karzinom mit der Konisation nicht vollständig entfernt war, wird neben der einmaligen postoperativen Radiumeinlage (1000 mgeh) 4000 R HD nach Methode IA oder IB eingependelt. Waren Lymphknoten befallen, wird auf 5000 R HD erhöht oder bei massivem Befall eine entsprechende Stehfelddosis am Betatron mit Photonen gegeben.

Die Thorapierichtlinien sind auf Tab. 21 zusammengefaßt. Die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung wird in den häufigeren Fällen angewendet, in denen sich die Dosisverteilung mit oder ohne Radium an die Tumorausdehnung anpassen läßt. Alle übrigen Fälle werden mit Stehfeldern behandelt. Gezielte Kleinraumbestrahlung oder ungezielte Großraumbestrahlung ergänzen sich in sinnvoller Weise.

Tab. 21: Kollumkarzinom: Therapieplan der UKF Giessen

Stadium	Therapie
Kinderwunsch: nur Konisation O — abd. TE vag. TE	
Ia	operabel: abd. TE mit Adnexe vag. TE ohne Karzinomfrei: Keine Nachbestrahlung Karzinom: Nachbestrahlung wie bei Ib inoperabel: nur Radium
Ib	operabel: Radiumeinlage Wertheim + Lympho- nodektomie OP-Präparat karzinomfrei: Bestrahlung entbehrlich Karzinom im OP-Präparat: kombinierte Radium-telekobaltpendelbestrahlung inoperabel: kombinierte Radium - Telekobaltpendelbestrahlung
II	: kombinierte Radium - Telekobaltpendelbestrahlung - HV-Stehfelddbestrahlung
III	: kombinierte Radium - Telekobaltpendelbestrahlung - HV-Stehfelddbestrahlung
IV	: HV-Stehfelddbestrahlung, wenig oder kein Radium Telekobaltpendelbestrahlung

IX. Zusammenfassung

An der UFK Giessen wurde 1966 - 1968 die Röntgen-Pendelkonvergenz- und die Körperhöhlenrohrbestrahlung durch die Telekobaltpendelbestrahlung ersetzt, wobei die Radium-Kontakttherapie unverändert beibehalten wurde. Orientierende Versuche zeigen die zahlreichen Variationsmöglichkeiten der biaxialen Bewegungsbestrahlung, unter denen die biaxiale bisegmentale Telekobaltpendelbestrahlung nach der Giessener Methode I und II wegen ihrer räumlichen Dosisverteilung zur Bestrahlung des Kollumkarzinoms am besten geeignet ist.

Durch Dosismessungen an drei Phantomen wird die Dosisverteilung in allen 3 Ebenen des Raumes, die Belastung der Beckenorgane und der Lymphknotenstationen gezeigt. Summendosiskurven veranschaulichen die Anpassungsfähigkeit an verschiedene Radiummengen auch bei Lageabweichung des Uterus.

Der Rechnungsgang für die Herddosisberechnung aus dem Pendelumfang wird schrittweise bis zum fertigen Diagramm entwickelt.

Die Erfahrungen und Heilungsergebnisse werden mitgeteilt. Die absolute 5-Jahres-Überlebensrate des Kollumkarzinoms konnte von 51,4% auf 60,3% gesteigert werden. Die Bestrahlungstherapie der UFK Giessen wird kritisch analysiert und mit den Bestrahlungsmethoden und Ergebnissen anderer Kliniken verglichen.

Zum Abschluß werden die therapeutischen Konsequenzen gezogen, der Anwendungsbereich der biaxialen bisegmentalen Telekobaltpendelbestrahlung gegenüber Stehfeldmethoden abgegrenzt und diskutiert und der neue Therapieplan für das Kollumkarzinom vorgestellt.

IX. Literaturverzeichnis

1. BAEUMER, J.: Die Anwendung der Rotationsbestrahlung
in der Gynäkologie.
Strahlentherapie 87 (1952), 290
2. BECKER, J., WERNER, K., KUTTIG, H. :
Unsere Erfahrungen mit dem Universalge-
rät für Bewegungsbestrahlung
" Müller TU 1 ".
Strahlentherapie 95 (1954), 178
3. BONET-MAURY, P.: La détermination de la dose d
exposition en cyclotherapie avec le cobalt 60.
J. Radiol. Electrol. 40 (1959), 137
4. BRAESTRUP, C.B., MOONEY, R.T. : Physical aspects of
rotating cobalt equipment.
Radiology 64 (1955), 17
5. BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY: Central axis depth dose
data for use in radiotherapy.
Brit. J. Radiol. Suppl. 11, London 1972
6. BRIZEL, H.E., LANZL, L.H., DUTHORN, E.M.:
A comparison of techniques for parametrial
irradiation using cobalt 60.
Amer. J. Roentgenol. 89 (1963), 101
7. BUCHELT, L., BUSCH, M.: Optimierung bei lokaler Radium-
therapie.
Strahlentherapie 141 (1971), 549

8. BURAGGI, G.L., CARNEVALI, G., FELCI, U., RONCORONI, L.:
Telecobaltoterapia di movimento: Presentazione di schemi di trattamento.
Tumori 45 (1959), 273
9. BUTTENBERG, D.: Die Telekobaltbestrahlung beim Kollumkarzinom.
Geburtsh. Frauenheilk. 22 (1962), 1107
10. CIAMBELLOTTI, E., CUGINI, A. : Telecobaltoterapia pendolare biassiale simmetrica parallela nel trattamento delle neoplasie della pelvi.
Radiol. Med. (Torino) 47 (1961), 249
11. COMMISSARIAT à l'énergie atomique (laboratoire de métrologie de la radioactivité): Protocole de mesure n° D 270
12. DAHL, O., VIKTERLÖF, K.J.: Attainment and value of precision in deep radiotherapy.
Some fundamentals with special reference to moving beam therapy with 200 to 250 kV Roentgen rays and Cobalt 60 gamma radiation.
Acta radiol. (Stockholm). Suppl. 189. (1960)
13. DEUTSCH, J.: Die Radiotherapie bei Gebärmuttergeschwülsten.
Münchn. Med. Wschr. 51 (1904), 1646
14. Du MESNIL de ROCHEMONT, R., V. HAASE, H.J., HAGEMANN, G., RINGLEB, D.: Telekobalt- oder Hochvoltbestrahlung der Uteruskrebse. " Marburger Methode ".
Strahlentherapie 118 (1962), 170
15. EICHHORN, H.J., LESSEL, A., RICHTER, E., ROTTE, K.-H., SCHUBERT, G., ZÜHLKE, R.: Die 5-Jahres-Ergebnisse in der Krebsbehandlung bei Strahlentherapie als einziger Behandlungsmethode (nach den Berichten der Jahre 1953 - 1965).
Strahlentherapie 131 (1966), 227

16. EICHORN, H.J., RICHTER, J.: Untersuchungen über Abweichungen individueller Dosisverteilungen von Standarddosisverteilungen 1. Mitteilung: 2- und 4-axiale Pendelbestrahlung des kleinen Beckens.
Strahlentherapie 138 (1969), 560
17. FLETCHER, G.H., RUTLEDGE, F.N., CHAU, P.M.: Policies of treatment in cancer of the cervix uteri.
Amer. J. Roentgenol. 87 (1962), 6
18. FRISCHBIER, H.-J. : Die Strahlenbehandlung des Kollumkarzinoms. in Diethelm-Olsson-Strnad-Vieten-Zuppinger: Handbuch der medizinischen Radiologie XIX, 3. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1971
19. FRISCHBIER, H.-J.: Persönliche Mitteilung 1973
20. FRISCHBIER, H.-J., KUTTIG, K.: Kritische Betrachtungen zur Telekobalttherapie des Kollumkarzinoms. Geburtsh. Frauenheilk. 24 (1964), 761
21. FRISCHBIER, H.-J., HASSE, J.: Die biaxiale Telekobalt-Pendelbestrahlung des Kollumkarzinoms. Dosisverteilung, Herddosisberechnung, Einstelltechnik und klinische Erfahrungen. Strahlentherapie 126 (1965), 481
22. FRISCHBIER, H.-J., LOHBECK, H.U.: Behandlungsergebnisse und Komplikationen bei der Megavolttherapie des Carcinoma colli uteri.
Strahlentherapie 140 (1970), 13

23. FRISCHBIER, H.-J., KARL, B.: Zur Telekobaltbestrahlung
der aortalen Lymphknoten.
Strahlentherapie 140 (1970), 32
24. FUCHS, G., HOFBAUER, J.: Das Spätresultat einer vor
70 Jahren durchgeführten Röntgenbestrahlung.
Strahlentherapie 130 (1966), 161
25. GAUWERKY, F., OBRANOVIC, J.: Probleme der radiologischen
Behandlung des Uteruskarzinoms.
Sdbd. Strahlentherapie 66 (1967), 16
26. GERTEIS, W.: Lymphographie und topographische Anatomie
des Beckenlymphsystems.
Beilageheft Z. Geburtsh. 165 (1966)
27. GIETZELT, F., DEGNER, W., FÜRST, G., zur HORST-MEYER, H.,
SCHMIDT, H., ROTH, A.: Die biaxiale Pendelbestrahlung des
Kollumkarzinoms mit Kobaltgammastrahlung.
Radiobiol. Radiother. 3 (1962), 521
28. GOLDSCHNEIDER, G., STERN, B.E. : Rotational X-ray therapy
planned to complement radium treatment of
carcinoma of the cervix uteri.
Brit. J. Radiol. 31 (1958), 88
29. HAGEMANN, G., Du MESNIL de ROCHEMONT, R.: Zur Achsendosis-
bestimmung bei der ⁶⁰Co-Pendelbestrahlung.
Strahlentherapie 124 (1964), 16
30. HARTWIG, J.: Experimentelle Grundlagen der biaxialen
Telekobaltpendelbestrahlung bei der kombi-
nierten Radium-Telekobalt-Therapie des
Kollumkarzinoms nach der Gießener Methode.
Inaug.-Diss. (Med.) Gießen 1972

31. HEINZEL, F.: Über die Notwendigkeit der Rotationsbestrahlung in der Telekobalttherapie.
Strahlentherapie 116 (1961), 180
32. HOFMANN, D.: Klinik der gynäkologischen Strahlentherapie.
Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1963
33. HOWARTH, J., WILSON, C.W.: Moving-beam therapy with cobalt 60: Its adaptability to the lesion shape to be treated.
Amer. J. Roentgenol. 85 (1961), 53
34. HUSSLEIN, H., ARTNER, J., HOLZNER, H.: Die operative Behandlung des Zervixkarzinoms Stadium Ia.
Vortrag 39. Tagg. der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie Wiesbaden 1972
35. KAPP-SCHWOERER, H., PYCHLAU, P.: Überprüfung der Dosisverteilung bei Telekobalttherapie mittels Kleinstkondensatorkammern.
Strahlentherapie 66 (1967), 51
36. KELLER, H.L.: Dosisverteilung und Dosisermittlung bei der Pendelbestrahlung (200kV bis 17 MeV).
Strahlentherapie (1964), 58
37. KEPP, R.K., BAEUMER, J.: Die Bestrahlung mit wanderndem Strahlenkegel bei der Behandlung bösartiger Tumoren des weiblichen Genitale.
Strahlentherapie 90 (1953), 108
38. KEPP, R.K., BAEUMER, J.: Erstergebnisse der Behandlung von Rezidiven des Kollumkarzinoms mit der Pendelbestrahlung.
Sdbd. Strahlentherapie 35 (1956), 81

39. KEPP, R.K. : Grundlagen der Strahlentherapie.
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1951
40. KEPP, R.K.: Gynäkologische Strahlentherapie..
G. Thieme Verlag, Stuttgart 1952
41. KOECK, G.P., JACOBSON, L.E., HILLSINGER, W.R.: Cobalt-60
Teletherapy of cancer of the cervix by a
rotation technic.
Radiology 79 (1962), 190
42. KORNELSEN, R.O.: Predetermined dose distribution for
cobalt ⁶⁰ circumaximal rotation.
J. Canad. Ass. Radiol. 8 (1957), 42
43. KOTTMER, H.-L.: Annual report on the results of treatment
in carcinoma of the uterus and vagina.
Vol. 14, Stockholm 1967
44. KUTTIG, H.: Bewegungsbestrahlung.
in Diethelm-Olsson-Strnad-Vieten-Zuppinger:
Handbuch der medizinischen Radiologie XVI 2,
S. 255. Springer, Berlin-Heidelberg-New York
1971
45. KUTTIG, H., FRISCHBIER, H.-J.: Zur Herddosisbestimmung
und Dosisverteilung bei der Telekobaltpen-
delbestrahlung.
Strahlentherapie 112 (1960), 251
46. KUTTIG, H., STAAS, I.: Untersuchungen zur Rüst- und Be-
strahlungszeit in der Telekobalttherapie.
Strahlentherapie 132 (1967), 357

47. KUTTIG, H., BRENNER, G., ZUNTER, F.: Verbesserung der Dosisverteilung bei kombinierter Radium-Kobalt ⁶⁰-Teletherapie des Kollumkarzinoms durch biaxiale, bisegmentale Pendelbestrahlung der Parametrien.
Strahlentherapie 136 (1968), 131
48. KUTTIG, H., BECKER, H.: Die Pendeltranslation mit Transversalverschiebung der Achse in der Kobalt-60-Teletherapie.
Strahlentherapie 135 (1968), 528
49. KUTTIG, H., FRÖLING, M., SCHNEIDER, H.: Die Pendeltranslation mit Transversalverschiebung der Achse in der Kobalt-60-Teletherapie.
Strahlentherapie 140 (1970), 53
50. MARKUS, B.: Über den Begriff der Gewebeäquivalenz und einige " wasserähnliche " Phantomsubstanzen für Quanten von 10 KeV bis 100 MeV sowie schnelle Elektronen.
Strahlentherapie 101 (1956), 111
51. MATSCHKE, S., WELKER, K.: Die individuelle Isodosenanpassung bei der biaxialen Pendelbestrahlung gynäkologischer Tumoren.
Radiobiol. Radiother. 4 (1963), 401
52. MELLOR, H.M.: Carcinoma of the cervix uteri: Treatment by Supervoltage irradiation only.
Brit. J. Radiol. 33 (1960), 20
53. MENZEL, A.-M.: Behandlungsergebnisse des Collumcarcinoms in der Universitäts-Frauenklinik Marburg 1957 - 1963.
Inaug.-Diss. (Med.) Marburg 1969

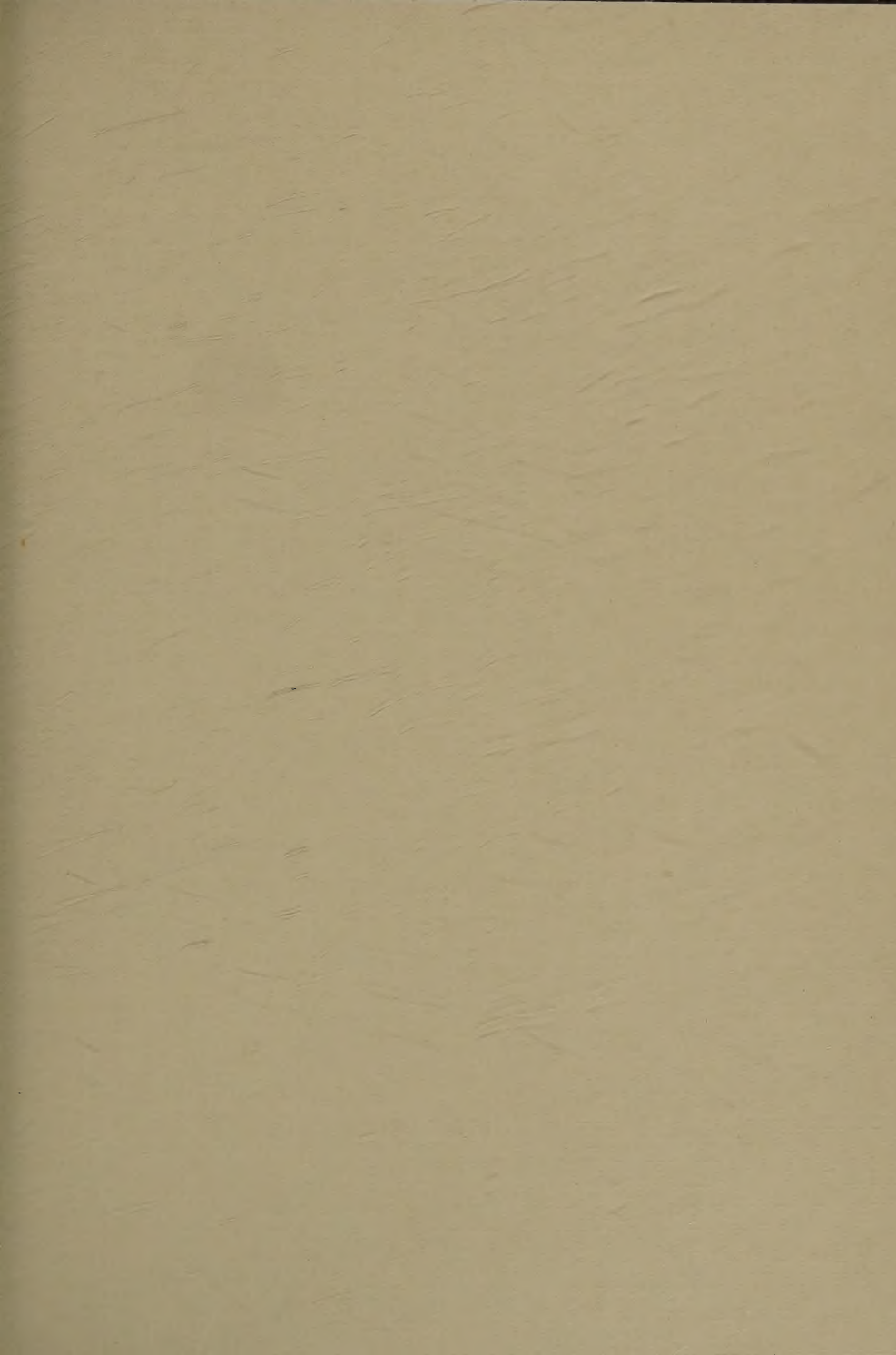
54. MERCADO, R., SALA, J.M.: Comparison of conventional and
supervoltage radiation in the management of
cancer of the cervix.
Radiology 90 (1968), 967
55. MEYER, H.: Aus der Geschichte der Bewegungsbestrahlung.
Strahlentherapie 95 (1954), 1
56. OTTO, W.: Vorrichtung zur Ausführung von Tiefenbe-
strahlung. DRP 289 (1913), 75
zit. n. Kuttig, H. (44)
57. PFLEIDERER, A.: Möglichkeiten und Grenzen einer konven-
tionellen Strahlenbehandlung des Kollum-
karzinoms. Ergebnisse der Universitäts-
Frauenklinik Tübingen 1959 - 1964.
Strahlentherapie 142 (1971), 390
58. REIFFENSTUHL, G.: Das Lymphsystem des weiblichen Genitale.
Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien
1957
59. REIFFENSTUHL, G.: Das Lymphknotenproblem bei Carcinoma
colli uteri und die Lymphirradiatio pelvis.
Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien
1967
60. RIES, J.: Zur Entwicklung der gynäkologischen Strah-
lentherapie.
Münchn. Med. Wschr. 109 (1967), 3
61. RIES, J.: Rundtischgespräch Gynäkologische Radiologie.
Gemeinsame Tagung der Deutschen und Öster-
reichischen Gesellschaft für Radiologie
vom 12. - 14.4.1973 in Wien.

62. RIES, J.: Persönliche Mitteilung (1973)
63. RIES, J., BREITNER, J.: Strahlenbehandlung in der Gynäkologie.
Sdbd. Strahlentherapie 40 (1959)
64. RIES, J., LUDWIG, H., APPEL, W.: Antikoagulantien bei der Strahlenbehandlung weiblicher Genitalkarzinome. I. Mitteilung: Plattenepithelkarzinome. Med. Welt 19 (N.F.) (1968), 2042
65. RÖDEL, K.: Standardisierung von Pendelbestrahlungsverfahren in der Kobalt-Tiefentherapie. Inaug.-Diss. (Naturw.) Gießen 1973
66. RÖDEL, K., RINGLEB, D., BARTH, G.: Biaxiale Telekobalt-pendelbestrahlung der paraortalen Lymphknoten Strahlentherapie 138 (1969), 641
67. SCHEER, K.E.: Geräte und Konstruktionsmerkmale. in Becker-Schubert: Die Supervolttherapie, S. 47. G. Thieme, Stuttgart 1961
68. SCHMERMUND, H.-J., FRANKE, H.: Die individuelle Dosierung bei der Kombination von Radium- und Röntgenpendelbestrahlung des Portiocarcinoms. Sdbd. Strahlentherapie 35 (1956), 86
69. SETÄLÄ, K., NYSSÖNEN, O., LINDROOS, B.: Erfahrungen mit einer neuen Methode zur Dosisplanung in der Strahlentherapie. Strahlentherapie 129 (1966), 207

70. SETÄLÄ, K.: Klinische Erfahrungen mit einer neuen Methode zur Dosisplanung und Therapiesimulation in der Strahlentherapie.
Strahlentherapie 129 (1966), 391
71. SPECHTER, H.-J.: Das Dosismaximum bei der Pendelkonvergenzbestrahlung des kleinen Beckens.
Sonderband Strahlentherapie 35 (1956), 74
72. SPECHTER, H.-J.: Experimentelle Studien über die Bewegungsbestrahlung im kleinen Becken bei gynäkologischen Tumoren.
Strahlentherapie 102 (1957), 229 und 629
73. SURMONT, M.: Résultats de la TCT dans les affections OTR et gynécologiques.
Ann. Ostet. Ginec. 79 (1957), 1061
74. TAKAHASHI, S., KITABAKE, T., MORITA, K., OKAJIMA, S., IIDA, H.: Methoden zur besseren Anpassung der Dosisverteilung an tiefliegende Krankheitsherde bei der Bewegungsbestrahlung.
Strahlentherapie 115 (1961), 478
75. TESCHENDORF, W.: Ein neues Gerät zur Rotationsbestrahlung.
Fortschr. Röntgenstr., Beiheft 76 (1952), 29
76. TOD, M., MEREDITH, W.J.: Treatment of cancer of the cervix uteri, a revised "Manchester - method".
Brit. J. Radiol. 26 (1953), 252
77. VAHRSON, H.: Topographische Voraussetzungen für die gynäkologische Strahlentherapie.
Sdbd. Strahlentherapie 66 (1967), 262

78. VAHRSON, H.: Zur Therapie des Vaginalkarzinoms.
Strahlentherapie 140 (1970), 492
79. VAHRSON, H.: Umwelt und konstitutionelle Faktoren beim weiblichen Genitalkarzinom.
Z. Geburtsh. 172 (1970), 94
80. VAHRSON, H.: Ergebnisse der Hochvolttherapie im Vergleich zur konventionellen Strahlentherapie.
Zbl. Gynäkol. 93 (1971), 1447
81. VOLTZ, F.: Die Strahlenbehandlung der weiblichen Genitalcarcinome, Methoden und Ergebnisse.
Sdbd. Strahlentherapie 13 (1930)
82. WACHSMANN, F., KELLER, L.: Untersuchungen über die Dosisverteilung bei der Rotationsbestrahlung gynäkologischer Tumoren.
Strahlentherapie 87 (1952), 278
83. WACHSMANN, F., BARTH, G.: Die Bewegungsbestrahlung.
G. Thieme, Stuttgart 1959
84. WEISHAAR, J., BECK, G., REUSS, A.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Anwendung und prozentualen Dosisverteilung bei Durchführung von Telekobalt-Bewegungsbestrahlungen mit dem Gerät Theratron junior als Zusatzbehandlung bei Patientinnen mit Uteruskarzinom (Studien am Beckenphantom).
Strahlentherapie 123 (1964), 484
85. WELKER, K.: Die Bewegungsbestrahlung mit Keilfiltern in der Co⁶⁰-Teletherapie. II. Die Verwendung von Keilfiltern mit kleinem Keilwinkel.
Strahlentherapie 132 (1967), 497

86. WELKER, K., EICHHORN, H.-J.: Untersuchungen zur Standardisierung der bi- und vieraxialen Co^{60} -Pendelbestrahlung des kleinen Beckens. (Möglichkeiten zur einfachen Ermittlung der Dosisparameter)
Strahlentherapie 141 (1971), 655
87. WELKER, K., EICHHORN, H.-J.: Untersuchungen über Raumdosis und relative Herdraumdosis in der Tumorthherapie. 2. Mitteilung: (Verschiedene Bestrahlungsmethoden bei einem typischen Fall von Kollumkarzinom).
Strahlentherapie 143 (1972), 377
88. WERNER, R.: Ein Bestrahlungskonzentrator für Röntgentherapie.
Verh. dtsch. Röntgenges. 3 (1907), 114
89. WICHMANN, H.: Pendelkonvergenz (eine neue Methode der Bewegungsbestrahlung).
Fortschr. Röntgenstr. 83 (1955), 583
90. WÜRTNER, K., HARDE, E.: Bleifilter für das Gammatron zum Dosisausgleich bei der kombinierten Radium-telecobalttherapie des Kollumkarzinoms.
Elektromed. 2/1972, 60
91. ZANETTI, E., TOSCA, L.: Metodi di telecobaltoterapia nel trattamento del carcinoma del collo dell'utero.
Ann. Ostet. Ginec. 81 (1959), 731



Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990